ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εναλλακτικές Τεχνικές Εντοπισμού Θέσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΘΕΟΔΩΡΟΥ Δ. ΣΤΡΙΓΚΟΥ

Επιβλέπων : Τιμολέων Σελλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2006

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εναλλακτικές Τεχνικές Εντοπισμού Θέσης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΣΤΡΙΓΚΟΥ

Επιβλέπων : Τιμολέων Σελλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 12η Ιουλίου 2006.

....	....	....
Τιμολέων Σελλής	Ιωάννης Βασιλείου	Νεκτάριος Κοζύρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2006

Πρόλογος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Τιμολέων Σελλή, καθηγητή του τομέα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την συμπαράστασή του και την συνδρομή του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Επιπλέον θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω και τον υποψήφιο Διδάκτορα κ. Σπυρίδων Αθανασίου για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την συμπαράσταση που μου προσέφεραν όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Αθήνα, 12 Ιουλίου 2006

Θεόδωρος Στρίγκος

Περίληψη

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών εντοπισμού της θέσης μιας συσκευής κινητής τηλεφωνίας. Ο αλγόριθμος υπολογισμού της θέσης των συσκευών στηρίζεται στη λειτουργία του κυψελοειδούς συστήματος της κινητής τηλεφωνίας, ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός της θέσης ενός χρήστη χωρίς να είναι απαραίτητη η αγορά συσκευών GPS. Απώτερος στόχος της παραπάνω προσέγγισης είναι η παροχή υπηρεσιών LBS (location based services), όπως η παρακολούθηση στόλου οχημάτων ή ο εντοπισμός παιδιού, χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη ειδικού εξοπλισμού.

Επίσης, ζητούμενο είναι η ανεξαρτησία από τους παρόχους της κινητής τηλεφωνίας, συνεπώς η εκτίμηση της θέσης του χρήστη θα γίνεται από τη μεριά του τηλεφώνου. Η μέθοδος που θα υλοποιηθεί είναι γνωστή και ως Cell of Origin – COO (κυψέλη προέλευσης). Απαιτούμενο της COO μεθόδου είναι η γνώση του παγκόσμια μοναδικού κωδικού κυψέλης με την οποία το κινητό είναι συνδεδεμένο, καθώς και η λαμβανόμενη ισχύς σε dBm από αυτήν την κυψέλη. Η βασική αρχή συνίσταται στο ότι χαρτογραφούμε την υπό μελέτη περιοχή εκ των προτέρων, δημιουργώντας έτσι τον χάρτη κάλυψής της, με βάση του οποίου θα γίνεται ο εντοπισμός του κινητού τηλεφώνου. Στην προτεινόμενη επίλυση, η εκτίμηση της θέσης θα βελτιώνεται ανάλογα με την πληρότητα του ιστορικού των κινήσεων του χρήστη, ώστε να προσφέρεται καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. Εξαιτίας του μεγέθους του χάρτη κάλυψης, η εκτίμηση δεν θα γίνεται απ' ευθείας στο κινητό τηλέφωνο, το οποίο λόγω των περιορισμένων πόρων του αδυνατεί να τον αποθηκεύσει ολόκληρο, αλλά σε απομακρυσμένο server στο διαδίκτυο. Επιπλέον, στον ίδιο server θα είναι δυνατό να συνδέονται οι χρήστες μέσω του διαδικτύου ώστε να παρακολουθούν το ιστορικό της κίνησης των χρηστών. Άμεση συνέπεια του προηγούμενου είναι η απαίτηση για ταχύτατη σύγκλιση του αλγορίθμου, ώστε να μπορεί ο server να αντεπεξέλθει στον όγκο των χρηστών.

Η παρούσα διπλωματική μπορεί να επεκταθεί σε μεταγενέστερο χρόνο. Μεταξύ άλλων, αντικείμενο μελλοντικής έρευνας μπορεί να είναι η ανάπτυξη αλγόριθμων συμπίεσης του χάρτη κάλυψης, ώστε να είναι δυνατή η πλήρως αυτόνομη λειτουργία της εφαρμογής στο κινητό τηλέφωνο του χρήστη.

Λέξεις Κλειδιά: Ubiquitous Computing, Εντοπισμός θέσης, Προσδιορισμός Θέσης, Εφαρμογές Βασιζόμενες σε Θέση, LBS, GPS, GSM, Cell ID, κυψελοειδές σύστημα, κινητή τηλεφωνία, κυψέλη, κωδικός κυψέλης, σταθμός βάσης, COO

Abstract

The purpose of this diploma thesis is the development of alternative positioning techniques of a mobile user, towards the provision of services that benefit from such knowledge. The location estimation algorithm will be based on the cellular network of the mobile telecommunications, in order to render needless GPS devices. Our ultimate goal is the provision of Location Based Services (LBS), such as a child locator, or the surveillance of a corporate fleet of cars.

One of our main constraints is the independence from the network operator, thus the estimation of the location of the user will be carried out by the cellular phone, which we suppose the user already owns. The method under development is also known as Cell of Origin (COO). Requirement of the COO algorithm is the knowledge of the Cell Global Identifier (CGI) of the cell the mobile phone is connected to, as well as the recorded power of that cell in dBm. Prerequisite is the mapping of the desired area in advance, the creation therefore of the coverage map of the area under discussion, based on which the location of a cell phone will be possible. According to the proposed solution, the estimation of the location will be improved in accordance to the completeness and fullness of the history of the user's past movement, so as to improve the quality of the offered service. Due to the size of the coverage map, the estimation will not be carried out by the cell phone, which with its limited resources is unable to store it, but it will be implemented at a remote internet server. All users will be able to connect to the server directly through their browser, allowing them to survey the traffic history of the users. As a direct consequence, all algorithms must converge extremely fast, in order for the server to cope up with the amount of traffic created by the users.

This diploma thesis can be expanded in future time. An object of study may be the development of compression algorithms for the coverage map, thus enabling the fully autonomous operation of the application in the user's mobile phone, without the need for a remote server.

Keywords: Ubiquitous Computing, Positioning Techniques, Positioning Methods, Location Based Services, LBS, Global Positioning System, GPS, Global System for Mobile Communications, GSM, cellular network, cell, base station, Cell of Origin, COO

Πίνακας περιεχομένων

1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Ο εντοπισμός της θέσης ενός ανθρώπου σε σχέση με τη Γη είναι ένα πρόβλημα που αναζητεί λύση από την αρχαιότητα. Στο πέρασμα του χρόνου, οι τεχνικές εντοπισμού θέσης εξελίχθηκαν σημαντικά και από τον αστερισμό της Μικρής Άρκτου, οδηγηθήκαμε στον εξάντα και μετά στο GPS. Ταυτόχρονα όμως, αυξάνονταν και οι απαιτήσεις των χρηστών για ολοένα μεγαλύτερη ακρίβεια της μέτρησης. Πλέον, ο εντοπισμός ενός χρήστη είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με τρόπους αρκετά πιο εύχρηστους από την αναζήτηση των άστρων, όμως οι απαιτήσεις σε ακρίβεια έχουν αυξηθεί δραματικά, με ζητούμενο πλέον την ακρίβεια ενός μέτρου ή ακόμη και μικρότερη του μέτρου.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη τεχνικών εντοπισμού θέσης με στόχο την παροχή υπηρεσιών που θα αξιοποιήσουν αυτήν την πληροφορία. Ο εντοπισμός της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου που θα αναπτυχθεί, θα πρέπει οπωσδήποτε να προστατεύει την ιδιωτικότητα των χρηστών στους οποίους θα απευθύνεται. Είναι πολύ σημαντικό, κυρίως για την βιωσιμότητα του συστήματος, να παρέχονται οι απαραίτητες εγγυήσεις στο χρήστη για την πρόσβαση καθώς και για την αποθήκευση των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων του. Οι χρήστες θα μπορούν να εφησυχάσουν μόνο όταν γνωρίζουν ότι έχουν τη δυνατότητα ανά πάσα στιγμή να απαγορεύσουν στον οποιονδήποτε να εξετάσει τα δεδομένα που τους αφορούν, ειδάλλως δεν πρόκειται να αποδεχθούν κανένα σύστημα εντοπισμού θέσης.

Επιπροσθέτως, το σύστημα που θα αναπτύξουμε θα πρέπει να μην απαιτεί τη χρήση οποιασδήποτε ειδικής συσκευής, αλλά θα αρκείται σε συσκευές με ευρεία διάδοση στο καταναλωτικό κοινό. Συνέπεια αυτού του περιορισμού είναι η ελάττωση του κόστους της επιδιωκόμενης λύσης, αφού ο καταναλωτής δε θα επιβαρυνθεί με την αγορά και συντήρηση επιπλέον συσκευών, τα κόστη των οποίων, ιδιαίτερα σε συστήματα μεγάλης κλίμακας, γίνονται δυσβάσταχτα για τους τελικούς χρήστες.

Άλλος ένας περιορισμός, είναι η απαίτηση απόλυτης ανεξαρτησίας από οποιονδήποτε τρίτο. Συνεπώς το υπό υλοποίηση σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσει πλήρως αυτόνομα, χωρίς την ανάγκη τρίτου μέρους. Σε αντίθετη περίπτωση παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα, πολλές φορές ανυπέρβλητα, με τα κυριότερα να είναι η απώλεια του ελέγχου και η αύξηση του κόστους λειτουργίας. Είναι προφανές ότι από τη στιγμή που υπάρχει εξάρτηση από κάποιον πάροχο υπηρεσιών, τότε αυτόματα τα λειτουργικά έξοδα θα αυξηθούν, ενώ δε θα είμαστε σε θέση να εγγυηθούμε την ασφάλεια της ιδιωτικότητας των χρηστών.

Τέλος, ένας προφανής περιορισμός είναι το κόστος της προτεινόμενης υλοποίησης, το οποίο θα πρέπει να είναι ρεαλιστικό. Σε αντίθετη περίπτωση, η ανάπτυξη πραγματικού συστήματος δε θα είναι δυνατή και η υλοποίηση θα παραμείνει μόνο θεωρητική και ανεφάρμοστη.

1.1.1 Location Based Services

Η εκτίμηση της θέσης από μόνης της, δεν αποτελεί ιδιαίτερα χρήσιμη πληροφορία προς τον τελικό χρήστη και συνεπώς δεν πρόκειται για αυτοσκοπό. Είναι συνεπώς απαραίτητη η αξιοποίηση αυτής της γνώσης με κάποιον τρόπο, για να είναι ωφέλιμη.

Ο όρος Location Based Services αναφέρεται ακριβώς σε οποιαδήποτε είδους υπηρεσία εκμεταλλεύεται τη γνώση της θέσης του χρήστη ή βασίζεται άμεσα σε αυτήν. Παραδείγματα υπηρεσιών LBS αποτελούν:

- Η απλή προβολή διαδραστικού (interactive) χάρτη κεντραρισμένου στην τρέχουσα θέση του χρήστη
- Η παρακολούθηση στόλου οχημάτων
- Η αναζήτηση θέσης στάθμευσης (parking)
- Ο εντοπισμός υπηρεσιών και σημείων ενδιαφέροντος, όπως εστιατόρια, νοσοκομεία, πρατήρια βενζίνης και άλλων, που αναζητά ο χρήστης, σε λογική απόσταση από αυτόν
- Η κινητή διαφήμιση

Σε περίπτωση που δεν παρέχουμε καμία υπηρεσία βασιζόμενη σε θέση είναι προφανές ότι ο προσδιορισμός της θέσης του χρήστη καθίσταται αυτόματα άχρηστος και άνευ οποιουδήποτε ενδιαφέροντος. Για αυτόν το λόγο θα πρέπει να υλοποιηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα, που όχι μόνο εντοπίζει τους χρήστες που εξυπηρετεί, αλλά προσφέρει επίσης και ένα σύνολο από υπηρεσίες που εκμεταλλεύονται αυτήν την πληροφορία.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Κατά την συγγραφή του παρόντος τόμου, λήφθηκε υπ’ όψιν το γεγονός ότι οι περισσότεροι αναγνώστες δεν είναι εξοικειωμένοι με τις τεχνικές εντοπισμού θέσης και τις έννοιες που είναι συναφείς με αυτές. Συνεπώς, όποτε κρίνεται σκόπιμο, θα γίνεται συνοπτική πλην όμως περιεκτική παρουσίαση εννοιών που ενδέχεται να είναι άγνωστες στους περισσότερους αναγνώστες.

1.2.1 Παρουσίαση των κεφαλαίων

Στο $2^{ο}$ κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι σημαντικότερες υπάρχοντες μέθοδοι εντοπισμού θέσης, καθώς και κάποιες τεχνικές οι οποίες βρίσκονται στην παρούσα χρονική στιγμή σε φάση κατασκευής και πρόκειται να είναι διαθέσιμες στο κοινό σύντομα. Επιπλέον, θα γίνει μία σύντομη αναφορά του τρόπου λειτουργίας του κυψελοειδούς συστήματος της κινητής τηλεφωνίας, πάνω στο οποίο θα βασιστούμε στην πορεία της διπλωματικής εργασίας.

Στο $3^{ο}$ κεφάλαιο θα γίνει αναλυτική περιγραφή της μεθόδου Cell of Origin, η οποία θα είναι και η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε για τον εντοπισμός της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου. Θα επιμείνουμε ιδιαίτερα στον αλγόριθμο εντοπισμού της θέσης, μια και αυτός αποτελεί ένα αρκετά σημαντικό τμήμα της διπλωματικής εργασίας.

Στο $4^{ο}$ κεφάλαιο θα εξετάσουμε αρχικά τα δομικά στοιχεία του συστήματος που θα υλοποιήσουμε σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης, επιμένοντας ιδιαίτερα στον τρόπο της μεταξύ τους επικοινωνίας. Συνεχίζοντας, στο ίδιο κεφάλαιο, θα αυξήσουμε περαιτέρω την ακρίβεια της ανάλυσης και θα παρουσιάσουμε επισταμένα κάθε τμήμα του συστήματος.

Στο $5^{ο}$ κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της υλοποίησης. Μεγάλη σημασία θα δοθεί στο πως επηρεάζονται τα αποτελέσματα ανάλογα με τη πυκνότητα κατοίκησης της περιοχής και τη διεύθυνση της κίνησης του χρήστη.

Κλείνοντας, στο $6^{ο}$ κεφάλαιο, που αποτελεί και τον επίλογο του τόμου, θα εξάγουμε τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη διπλωματική εργασία. Επιπλέον θα αναφέρουμε και

πιθανά πεδία για περαιτέρω έρευνα τα οποία μπορούν να αποτελέσουν έναυσμα για μελλοντική επέκταση της διπλωματικής εργασίας.

2

Υπάρχουσες Τεχνικές Εντοπισμού Θέσης

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει ήδη μια πληθώρα τεχνικών εντοπισμού θέσης, διαθέσιμη στο ευρύ κοινό. Οι τεχνικές αυτές χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζουν την θέση του χρήστη:

- Οι τεχνικές που βασίζονται σε αστερισμό δορυφόρων,
- Οι μέθοδοι που βασίζονται σε επίγειο δίκτυο,
- Συνδυασμός των ανωτέρω δύο μεθόδων, με απώτερο σκοπό την αύξηση της ακρίβειας, και τέλος,
- Οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης.

Πρέπει να αναφερθεί ότι όλες οι προηγούμενες τεχνικές είναι *προσεγγιστικές*, αφού δεν υπολογίζουν με απόλυτη ακρίβεια την θέση, αλλά προσδιορίζουν ένα διάστημα στον χώρο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης. Το μέγεθος αυτού του διαστήματος και συνεπώς η ακρίβεια της υπολογιζόμενης θέσης, εξαρτάται άμεσα από την εκάστοτε τεχνική, αν και τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης είναι συνήθως ακριβέστερα από τις επίγειες μεθόδους.

Όλες οι αναφερόμενες μέθοδοι, με εξαίρεση τις αδρανειακές, βασίζονται σε φάρους (beacons), οι οποίοι είναι τοποθετημένοι είτε στην επιφάνεια της γης, είτε σε τροχιά γύρω από αυτήν και εκπέμπουν συνεχώς κάποιου είδους αναγνωριστικό σήμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον εντοπισμό της θέσης του τελικού χρήστη, είναι η γνώση της θέσης των φάρων με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια. Ο κινητός χρήστης επιχειρεί τον υπολογισμό είτε της

απόστασης μεταξύ του ιδίου και των φάρων – σημείων αναφοράς, είτε της γωνίας της ευθείας που τους ενώνει ως προς τον ορίζοντα. Γνωρίζοντας την ακριβή θέση των σημείων αναφοράς καθώς και την απόσταση ή την γωνία, το φορητό τερματικό έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει την δική του θέση είτε στον τρισδιάστατο, είτε στον δισδιάστατο χώρο.

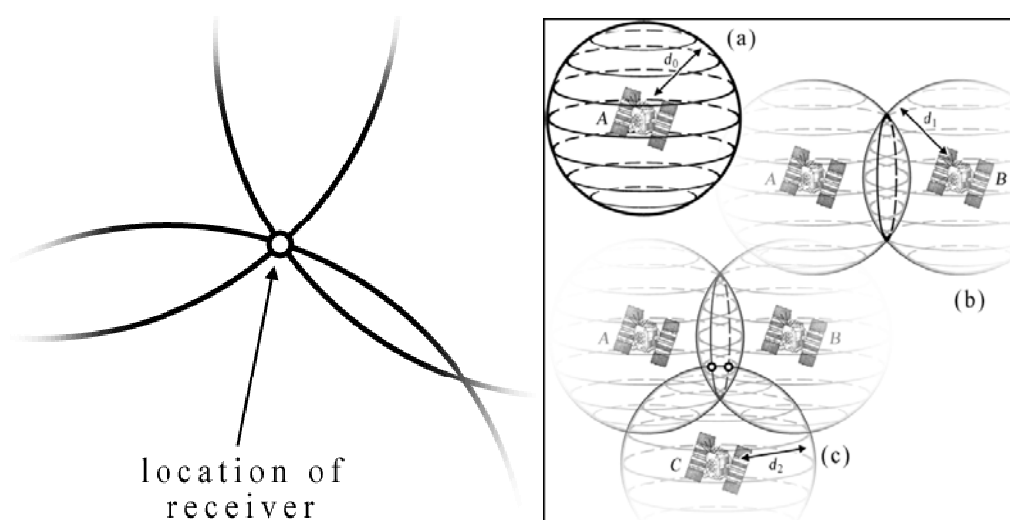
Αντίθετα με τις υπόλοιπες μεθόδους, οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης είναι πλήρως αυτόνομες, αφού δεν απαιτούν κανενός είδος beacon. Η χρήση τέτοιων μεθόδων έχει ατονήσει στις μέρες μας, αφού είναι ακριβότερες – για τον τελικό χρήστη – από τις υπόλοιπες μεθόδους που βασίζονται σε φάρους και αναφέρονται για λόγους πληρότητας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι η πλοήγηση ρομποτικών συσκευών (οικιακής χρήσης, διαστημική εξερεύνησης, κτλ).

2.1 Τεχνικές Βασιζόμενες σε Δορυφορικό Δίκτυο

Για τον προσδιορισμό της θέσης ενός χρήστη δύναται να χρησιμοποιηθεί ένας αστερισμός δορυφόρων. Σε αυτήν την περίπτωση τοποθετούνται οι δορυφόροι σε τροχιά γύρω από την γη και εκπέμπουν κάθε στιγμή τη θέση τους και την χρονική στιγμή εκπομπής του μηνύματος. Ο δέκτης λαμβάνει τα σήματα που εκπέμπουν οι ορατοί σε αυτόν δορυφόροι και υπολογίζει τη χρονική καθυστέρηση του σήματος. Με βάση την χρονική καθυστέρηση Δt_i, υπολογίζει την απόσταση μεταξύ του δορυφόρου i και της συσκευής, πολλαπλασιάζοντάς τη με την ταχύτητα του φωτός.

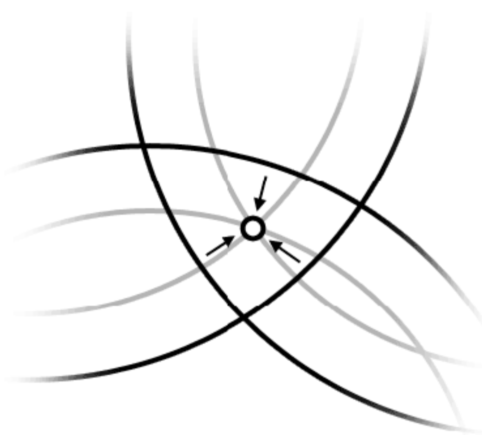
$L_i = c \cdot \Delta t_i$, όπου L_i η απόσταση του δορυφόρου i από την φορητή συσκευή

Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων με απόσταση L_i από τον δορυφόρο i είναι στην πραγματικότητα μία σφαίρα με κέντρο τον δορυφόρο και ακτίνα L_i. Συνεπώς η συσκευή βρίσκεται στην τομή των σφαιρών. Αν υπάρχουν τουλάχιστον 4 ορατοί δορυφόροι, η τομή των σφαιρών είναι ακριβώς 1 σημείο στο χώρο, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Θέση του φορητού τερματικού, όπως
Υπολογίζεται από την τομή των σφαιρών

Ο υπολογισμός του ακριβούς χρόνου στην συσκευή GPS, που απαιτείται για τον υπολογισμό της χρονικής διαφοράς του σήματος, γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: Η συσκευή αρχικά θεωρεί ως δικό της χρόνο έναν αυθαίρετο χρόνο σχετικά κοντά στις χρονοσφραγίδες των σημάτων που λαμβάνει. Όσο οι σφαίρες που υπολογίζει δεν τέμνονται, γυρνάει προς τα πίσω το ρολόι της. Αν αντίθετα οι σφαίρες τέμνονται αλλά ορίζουν ολόκληρη περιοχή και όχι σημείο, πηγαίνει προς τα μπροστά το ρολόι της. Τελικά, μόλις οι σφαίρες τέμνονται σε ακριβώς ένα σημείο, έχει συγχρονίσει το ρολόι της με τους δορυφόρους, και υπολογίζει την θέση της στον χώρο. Θετική παρενέργεια αυτού είναι το γεγονός ότι έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το GPS ως ακριβές ρολόι και να συγχρονίσουμε συσκευές σε διάφορα σημεία της γης, με απειροελάχιστο σφάλμα.



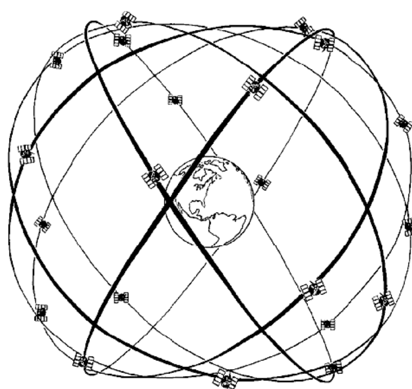
Συγχρονισμός της συσκευής GPS
Ο συγχρονισμός είναι σωστός όταν
Οι σφαίρες τέμνονται σε ένα σημείο

Πλέον λειτουργούν ή θα λειτουργήσουν τα εξής συστήματα

- **Nav**igation **S**ignal **T**iming **and** **R**anging – NAVSTAR (το γνωστό Global Positioning System ή απλώς GPS) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής,
- Galileo Positioning System, ΣινοΕυρωπαϊκό,
- **Glo**bal **Na**vigation **S**atellite **S**ystem (GLONASS) της Ρώσικης Ομοσπονδίας (ημιλειτουργικό)
- Beidou Navigation System, που υπάγεται στην Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας.

2.1.1 GPS

Αποτελείται από 21 κύριους και 3 εφεδρικούς δορυφόρους, οι οποίοι βρίσκονται σε υψόμετρο 20.200 km. Η περίοδος περιστροφής τους είναι 11 ώρες και 58 λεπτά, ώστε να συμπληρώνουν περίπου 2 πλήρεις περιστροφές την ημέρα. Ανά πάσα στιγμή, οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης, τουλάχιστον 4 δορυφόροι είναι ορατοί.

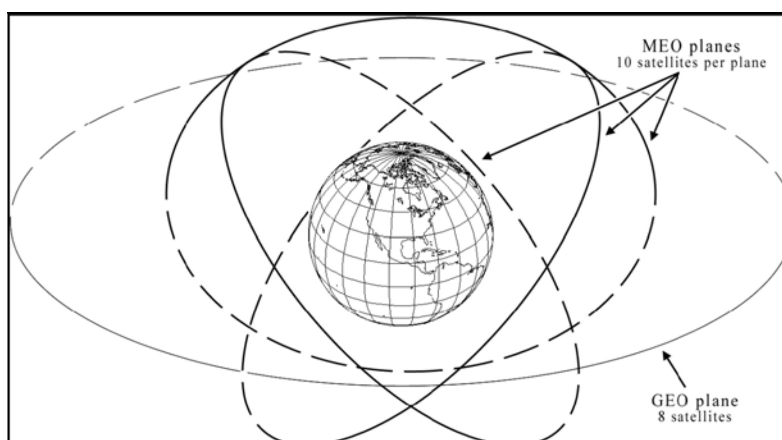


Χωρική κατανομή των δορυφόρων
Του GPS

Το σύστημα συντηρείται και ελέγχεται από το Υπουργείο Αμύνης των ΗΠΑ. Η ακρίβειά του είναι θεωρητικά 10m, αλλά πρακτικά λόγω διαφόρων αιτιών η ακρίβειά του μειώνεται στα 15m. Η κυβέρνηση των ΗΠΑ διατηρεί το δικαίωμα να ενεργοποιήσει οποτεδήποτε την επιλεκτική διαθεσιμότητα και να μειώσει την ακρίβεια του συστήματος στα 100m (ώστε να μη μπορεί να χρησιμοποιείται από εχθρικούς πυραύλους) ή να απαγορεύσει την εκπομπή πολιτικού σήματος GPS σε μια περιοχή, ή ακόμα και παγκόσμια. Τέλος, σε όλες τις πολιτικές συσκευές πρέπει να υπάρχει μηχανισμός που να απαγορεύει την εξαγωγή πληροφορίας όταν το υπολογιζόμενο ύψος είναι μεγαλύτερο από κάποιο όριο.

2.1.2 Galileo Positioning System

Το Galileo βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο. Αναπτύσσεται από κοινού από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος. Το εκτιμώμενο κόστος είναι περίπου 3 δισεκατομμύρια Ευρώ, ενώ θα είναι πλήρως λειτουργικό από το 2010. Πλέον και τρίτες – μη ευρωπαϊκές – χώρες έχουν εισχωρήσει στο σχέδιο Galileo, ανάμεσά τους η Κίνα, το Ισραήλ και η Ινδία. Το Galileo θα παραμείνει υπό πολιτικό έλεγχο, σε αντίθεση με το αμερικάνικο GPS, ενώ η απενεργοποίησή του θα είναι δυνατή μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Η ακρίβειά που θα προσφέρει θα είναι ανώτερη του GPS, με 8m σφάλμα για όλους τους χρήστες και 1m σφάλμα για τους συνδρομητές. Το Galileo θα αποτελείται από 27 κύριους και 3 εφεδρικούς δορυφόρους σε ύψος 23.222 m, ενώ στο απώτερο μέλλον σχεδιάζεται να προστεθούν και 8 γεωδαιτικοί δορυφόροι για ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια κοντά στον ισημερινό.



Χωρική κατανομή των δορυφόρων του Galileo

2.1.3 Beidou Navigation System

Το κινέζικο Beidou Navigation System δεν έχει ενεργοποιηθεί ακόμα. Θα βασίζεται μόνο σε γεωδαιτικούς δορυφόρους και ως αποτέλεσμα η ποιότητά του θα είναι υποβαθμισμένη σε περιοχές κοντά στους δύο πόλους.

2.1.4 GLONASS

Το Glonass ελέγχεται από την Ρώσικη Ομοσπονδία. Δυστυχώς λόγω της οικονομικής κατάστασης της τελευταίας, αποτελείται από μόνο 12 δορυφόρους, αντί για 21 κύριους με 3 εφεδρικούς. Αποτέλεσμα αυτού είναι το γεγονός ότι δεν προσφέρει παγκόσμια κάλυψη, αλλά επικεντρώνεται σε ευαίσθητες περιοχές της Ρωσικής επικράτειας.

2.2 Τεχνικές Βασιζόμενες σε Επίγειο Δίκτυο

Σε αντίθεση με τις μεθόδους που αναπτύχθηκαν προηγουμένως, οι οποίες βασίζονταν σε αστερισμό δορυφόρων, υπάρχει η δυνατότητα να προσδιορίσουμε την θέση ενός χρήστη χρησιμοποιώντας επίγειους πομπούς. Οι πομποί μπορούν να ανήκουν είτε στο κυψελοειδές σύστημα της κινητής τηλεφωνίας, είτε σε κάποιο άλλου είδους ασύρματο δίκτυο, όπως το WiFi. Έρευνες έχουν δείξει ότι το σήμα που εκπέμπουν τα σημεία πρόσβασης WiFi δεν είναι αρκετά σταθερό με την πάροδο του χρόνου, ώστε να βασιστεί πάνω του κάποιο σύστημα εντοπισμού. Λαμβάνοντας υπ' όψιν αυτό το γεγονός, καθώς και το ποσοστό διείσδυσης της κινητής τηλεφωνίας, προκύπτει ότι καλύτερο είναι η χρήση του κυψελοειδούς συστήματος.

Κρίνεται σκόπιμο, πριν γίνει ανάλυση κάποιας τεχνικής εντοπισμού, να γίνει μία συνοπτική παρουσίαση του συστήματος της κινητής τηλεφωνίας.

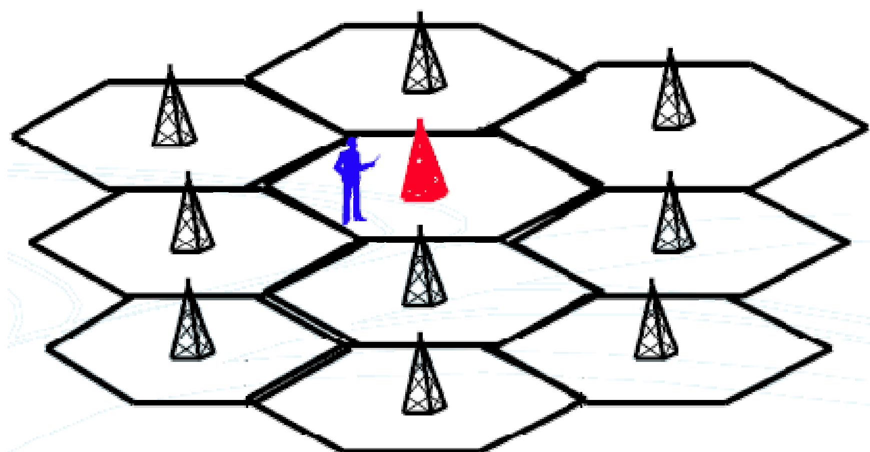
2.2.1 Το Κυψελοειδές Δίκτυο της Κινητής Τηλεφωνίας

Το σύστημα κινητών επικοινωνιών αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: τους **σταθμούς βάσης**, και τα **φορητά τερματικά**. Κάθε σταθμός βάσης εκπέμπει στην περιοχή εμβέλειάς του σήμα για να είναι συνεχώς ορατός από τα κινητά τηλέφωνα. Η περιοχή εμβέλειας του σταθμού βάσης ονομάζεται **κυψέλη** και το σύμπλεγμα όλων των κυψελών, κυψελοειδές δίκτυο. Σε κάθε κυψέλη έχει αντιστοιχιστεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό, το Παγκόσμιο Αναγνωριστικό της Κυψέλης (CGI – Cell Global Identifier), το οποίο εκπέμπεται συνεχώς. Το CGI αποτελείται από 4 πεδία:

1. Mobile Country Code – MNC – Κωδικός Παρόχου
2. Mobile Network Code – MNC – Κωδικός Παρόχου
3. Location Area Code – LAC – Κωδικός Περιοχής
4. Cell ID, το οποίο είναι υποσύνολο του Cell Global Identifier.

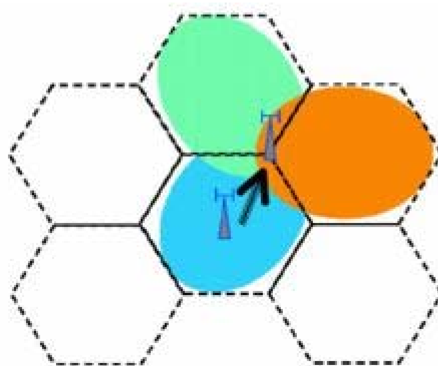
Το κινητό τηλέφωνο, όσο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, συνδέεται με την κυψέλη από την οποία λαμβάνει την μεγαλύτερη ισχύ και είναι σε θέση να γνωρίζει τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης, καθώς και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dbm. Κάθε φορά που μειώνεται η λαμβανόμενη ισχύς από τη συνδεδεμένη κυψέλη, το κινητό συνδέεται με την κυψέλη με την μέγιστη ισχύ, ενώ αν πραγματοποιείται κλήση εκείνη την στιγμή γίνεται διαπομπή της κλήσης στην νέα κυψέλη.

Ένα πιθανό στιγμιότυπο φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Το κινητό είναι συνδεδεμένο στην κυψέλη από όπου λαμβάνει την μέγιστη ισχύ

Συνήθως οι πάροχοι συγχωνεύουν τρεις σταθμούς βάσεις σε έναν κοινό σταθμό, ο οποίος ελέγχει τρεις κυψέλες ταυτόχρονα, οι οποίες πλέον αποτελούνται τομείς της νέας κυψέλης, και τοποθετείται στην κοινή γωνία των τριών κυψελών. Αυτό γίνεται για οικονομικούς λόγους. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται κατευθυντικές κεραίες με άνοιγμα από 65º μέχρι 85º, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Αυτού του είδους η τοπολογία δεν επηρεάζει με κανένα τρόπο την παρούσα διπλωματική εργασία και συνεπώς θα αγνοηθεί.



Συγχώνευση τριών σταθμών βάσης σε έναν.

Το μέγεθος της κυψέλης ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέτρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές (μικροκυψέλες) σε μεγαλύτερο από 10 χιλιόμετρα σε αραιοκατοικημένες περιοχές (μακροκυψέλες). Η απόφαση για το μέγεθος της κυψέλης επαφίεται στον πάροχο των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών ο οποίος συνυπολογίζει την ανάγκη για μικρές κυψέλες, ώστε να αναχρησιμοποιείται το πολύτιμο φάσμα σε γειτονικές κυψέλες και την αντικρουόμενη ανάγκη για μεγάλες κυψέλες, ώστε να περιορίζονται τα κόστη δημιουργίας και συντήρησης του δικτύου. Εξάλλου υπερβολικά μικρές κυψέλες αυξάνουν την πιθανότητα της διαπομπής

μιας κλήσης σε νέα κυψέλη, αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος. Το μέγεθος της κυψέλης είναι αρκετά σημαντικό γιατί, όπως θα δούμε αργότερα, επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια των επίγειων μεθόδων.

Η εκτίμηση της θέσης ενός φορητού τερματικού μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε από τον πάροχο είτε από το ίδιο το κινητό τηλέφωνο.

2.2.2 Εκτίμηση Θέσης από τον Πάροχο Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου μπορεί να γίνει από τον ίδιο τον πάροχο. Το τελευταίο χρονικό διάστημα δόθηκε ώθηση στη μελέτη αυτών των τεχνικών, κυρίως λόγω νόμου της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών, ο οποίος υποχρεώνει τους παρόχους να είναι σε θέση να εντοπίσουν ένα κινητό τηλέφωνο, με ακρίβεια 50 ως 100 m, όταν πραγματοποιήσει επείγουσα κλήση προς τον αριθμό 911. Αυτή η δυνατότητα είναι ευρύτερα γνωστή ως e-911.

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου από την μεριά του παρόχου, μπορεί να γίνει με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

2.2.2.1 Time (Difference) of Arrival, χρόνος άφιξης

Λαμβάνεται υπ’ όψιν η χρονική καθυστέρηση στη λήψη του σήματος που εξέπεμψε το κινητό τηλέφωνο από τις γειτονικές κυψέλες. Όπως στο GPS, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του κινητού και των κεραιών και από εκεί υπολογίζεται η θέση του. Αντίθετα όμως από το GPS, οι κεραίες υπολογίζουν τη θέση του κινητού και όχι το ίδιο το κινητό.

2.2.2.2 Angle of Arrival, γωνία άφιξης

Αντίστοιχα με το TOA, υπολογίζεται η γωνία άφιξης του σήματος στις κυψέλες. Η γωνία προκύπτει από τη χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στα διαδοχικά στοιχεία της στοιχειοκεραίας της κυψέλης. Με βάση τη γωνία άφιξης υπολογίζεται η θέση του κινητού ως το σημείο τομής.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και οι δύο τρόποι ταυτόχρονα. Όμως το κόστος σχεδόν διπλασιάζεται.

2.2.2.3 Προβλήματα

Οι παραπάνω μέθοδοι όμως παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα που καθυστερούν αρκετά την εφαρμογή τους.

1. Είναι οικονομικά ασύμφοροι, καθώς απαιτείται αλλαγή ή αναβάθμιση τόσο του λογισμικού όσο και του υλικού των σταθμών βάσης, με απαγορευτικό κόστος για τους παρόχους.
2. Απαιτούν εκπομπή σήματος από το κινητό τηλέφωνο για να είναι δυνατός ο εντοπισμός του, σπαταλώντας το εύρος ζώνης.
3. Δημιουργούνται ζητήματα προστασίας της ιδιωτικότητας των χρηστών, καθώς ο πάροχος θα πρέπει να παράσχει τις απαραίτητες εγγυήσεις για το σε ποιον και το πότε θα δίνεται πρόσβαση στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα των χρηστών. Από τη στιγμή που ο πάροχος θα αποκτήσει την δυνατότητα να εντοπίζει την θέση των τερματικών στο δίκτυό του, ο χρήστης δε θα έχει τρόπο να απαγορέψει άμεσα την οποιαδήποτε προσπάθεια εντοπισμού του και θα πρέπει να εμπιστευθεί τον πάροχο για την ορθή χρήση των δεδομένων αυτών.
4. Τέλος, προβλήματα τεχνικής φύσεως δημιουργούν η έλλειψη οπτικής επαφής με τον πομπό, καθώς και το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής λήψης (multipath propagation), τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητα των μετρήσεων, φαινόμενο που παρατηρείται σε όλους του τρόπους εντοπισμού θέσης που βασίζονται σε επίγειο δίκτυο, αλλά όχι σε αστερισμό δορυφόρων.

2.2.3 Εκτίμηση Θέσης από το Φορητό Τερματικό

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου είναι δυνατή και από το ίδιο το φορητό τερματικό. Σε αντίθεση με τις μεθόδους εκτίμησης θέσης από τον πάροχο, απαιτούνται ασήμαντες ή και καθόλου αλλαγές στην υποδομή του δικτύου, κάνοντας τέτοιου είδους λύσεις αρκετά πιο ελκυστικές από τις προηγούμενες. Επιπροσθέτως, προάγεται ο σεβασμός της ιδιωτικότητας, αφού ο χρήστης έχει άμεσο έλεγχο πάνω στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα που τον αφορούν.

Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη πόρων από το κινητό τηλέφωνο, το οποίο, σε αντίθεση με τους σταθμούς βάσης, έχει εξαιρετικά περιορισμένους πόρους τόσο σε θέματα επεξεργαστή, όσο και σε θέματα μνήμης και χώρου αποθήκευσης γενικότερα. Επιβάλλεται δε οι αλγόριθμοι να είναι αρκετά απλούστεροι, ώστε να είναι υλοποιήσιμοι σε τέτοιου είδους συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων. Άμεση συνέπεια του τελευταίου είναι η συνήθως,υποδεέστερη ποιότητα της εκτίμησης.

Το φορητό τερματικό έχει τη δυνατότητα να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο με μία από τις ακόλουθες μεθόδους.

2.2.3.1 Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)

Πρόκειται για μία επίγεια υλοποίηση του GPS. Οι σταθμοί βάσης συγχρονίζονται και εκπέμπουν ταυτόχρονα, όπως και στο GPS, τη θέση τους στον χώρο, και τη χρονοσφραγίδα εκπομπής. Το κινητό τηλέφωνο, λαμβάνοντας το σήμα από τις κοντινές σε αυτό κεραίες, υπολογίζει τη χρονική καθυστέρηση του σήματος την οποία ανάγει σε απόσταση. Με βάση την απόσταση από τους σταθμούς βάσης, εξάγει τη δική του θέση στο χώρο.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει δύο βασικά μειονεκτήματα:

1. Δεν υποστηρίζεται από τη συντριπτική πλειονότητα των φορητών συσκευών και συνεπώς απαιτεί αντικατάσταση του υλικού από την μεριά του χρήστη.
2. Όπως όλες οι ασύρματες ζεύξεις, έτσι και η ζεύξη σταθμού βάσης – κινητού τηλεφώνου, υποφέρει από φαινόμενα διαλείψεως και πολυδιαδρομικής λήψης, τα οποία εισάγουν σημαντική καθυστέρηση στο λαμβανόμενο σήμα. Επιπλέον, η καθυστέρηση αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τοπολογία της περιοχής. Συνεπώς ενδέχεται σε κάθε σήμα που λαμβάνει το κινητό τηλέφωνο από τις κοντινές κεραίες, να έχει εισαχθεί διαφορετική καθυστέρηση από την ασύρματη ζεύξη, αλλοιώνοντας έτσι την εκτίμηση.

2.2.3.2 Cell of Origin (COO)

Σε αντίθεση με την E-OTD, το κινητό λαμβάνει υπ’ όψιν μόνο την κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένο καθώς και τη λαμβανόμενη ισχύ από αυτήν την κυψέλη και επιχειρεί να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο. Επειδή αυτή η τεχνική θα χρησιμοποιηθεί ως βασική μέθοδος εντοπισμού για την παρούσα διπλωματική εργασία, θα αναπτυχθεί περαιτέρω σε επόμενο κεφάλαιο.

2.3 Συνδυασμός των Ανωτέρω

Για περαιτέρω βελτίωση της εκτίμησης GPS, είτε οποιασδήποτε άλλης δορυφορικής εκτίμησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίγειο δίκτυο. Πρέπει να τονιστεί ότι οι ακόλουθες

τεχνικές χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για την βελτίωση της εκτίμησης GPS, και δε μπορούν να εφαρμοσθούν αν δεν υπάρχει διαθέσιμο δορυφορικό σήμα εντοπισμού.

2.3.1 Differential GPS – Διαφορικό GPS

Ο κύριος λόγος για την ύπαρξη του GPS ήταν η προαναφερθείσα επιλεκτική διαθεσιμότητα, που επέτρεπε στον στρατό των Ηνωμένων Πολιτειών να μειώσουν την ακρίβεια στα 100m. Αντίθετα, η ακτοφυλακή επέμενε στην χρήση της μέγιστης δυνατής ακρίβειας και προώθησε την χρήση του διαφορικού GPS.

Κατά το διαφορικό GPS, υπάρχουν επίγειοι σταθμοί οι οποίοι γνωρίζουν εκ των προτέρων, με ακρίβεια την θέση τους. Αυτοί οι σταθμοί υπολογίζουν το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής θέσης και της εκτίμησης GPS και το εκπέμπουν έτσι ώστε να βελτιώσουν τις εκτιμήσεις τους όλες οι εντός εμβέλειας συμβατές συσκευές. Εκτός από την επιλεκτική διαθεσιμότητα, το DGPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αντιστάθμιση σφαλμάτων λόγω των ατμοσφαιρικών φαινομένων, και να αυξήσει περαιτέρω την ακρίβεια των εκτιμήσεων. Η βελτίωση που εισάγει το DGPS μειώνεται σταδιακά, όσο αυξάνεται η απόσταση από τον επίγειο σταθμό, ενώ εξουδετερώνεται όταν η φορητή συσκευή και ο σταθμός δεν βλέπουν τους ίδιους δορυφόρους.

2.3.2 Assisted GPS – Υποβοηθούμενο GPS

Το υποβοηθούμενο GPS χρησιμοποιείται κυρίως για την μείωση του χρόνου ψυχρής εκκίνησης για τον προσδιορισμό της θέσης. Ο χρόνος ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την στιγμή που εκκινήθηκε η συσκευή, η οποία δεν διαθέτει σύγχρονα δεδομένα στην μνήμη της για την τρέχουσα θέση, μέχρι να δοθεί το στίγμα GPS. Η συσκευή GPS πρέπει να είναι ενσωματωμένη σε μία συσκευή κινητού τηλεφώνου, για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου.

Στο AGPS, η συσκευή μεταβιβάζει τα δεδομένα από τους δορυφόρους στον σταθμό βάσης. Ο σταθμός βάσης γνωρίζει ήδη τη θέση της κυψέλης στον χώρο και με την αυξημένη επεξεργαστική του ισχύ, υπολογίζει ταχύτατα την θέση του κινητού στην κυψέλη και την επιστρέφει στο κινητό τηλέφωνο.

3

Ανάλυση της μεθόδου Cell of Origin

Στόχος αυτής της διπλωματικής, όπως προαναφέρθηκε, είναι η εκτίμηση της θέσης ενός χρήστη με τους ακόλουθους περιορισμούς:

1. Προστασία της ιδιωτικότητας των χρηστών
2. Ανεξαρτησία από οποιονδήποτε τρίτο
3. Μη ανάγκη για χρήση επιπλέον συσκευών από τους χρήστες πέραν των κινητών τους τηλεφώνων
4. Ρεαλιστική, οικονομική υλοποίηση

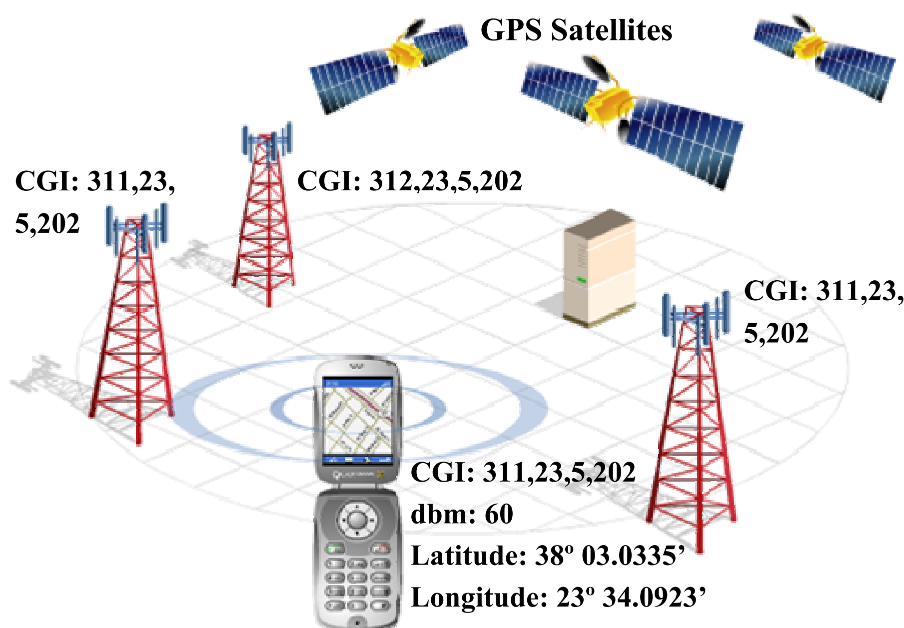
Για την ικανοποίηση του τρίτου περιορισμού αποφασίστηκε η χρήση του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας για την εκτίμηση της θέσης. Επιπλέον η εκτίμηση θα γίνεται από το ίδιο το φορητό τερματικό, για λόγους συνέπειας ως προς τους δύο πρώτους περιορισμούς. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και τον περιορισμό κόστους, η εκτίμηση της θέσης θα γίνεται μέσω της μεθόδου ***Cell Of Origin (COO)***.

3.1 Βασική Αρχή της μεθόδου Cell Of Origin - Χαρτογράφηση

Για να είναι δυνατή η εκτίμηση της θέσης του κινητού, θα πρέπει το σύστημα να γνωρίζει από πριν την κατανομή της κάλυψης του δικτύου και ειδικότερα: ποια κυψέλη είναι ορατή σε κάθε σημείο και με ποια ισχύ σε dbm. Στη συνέχεια, πάνω σε αυτά τα δεδομένα, που

συνιστούν τον *χάρτη κάλυψης* της υπό εξέτασης περιοχής, είναι δυνατή η εκτέλεση ερωτημάτων εντοπισμού του χρήστη.

Η χαρτογράφηση γίνεται με ένα κινητό τηλέφωνο το οποίο είναι συνδεδεμένο με συσκευή GPS. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, η απόσταση των οποίων ορίζεται από τον χρήστη, το κινητό καταγράφει τη συνδεδεμένη κυψέλη και τη μετρούμενη ισχύ και αποθηκεύει τις μετρήσεις στην κάρτα μνήμης της συσκευής. Στη συνέχεια οι μετρήσεις αυτές εισάγονται σε σχεσιακή βάση δεδομένων.



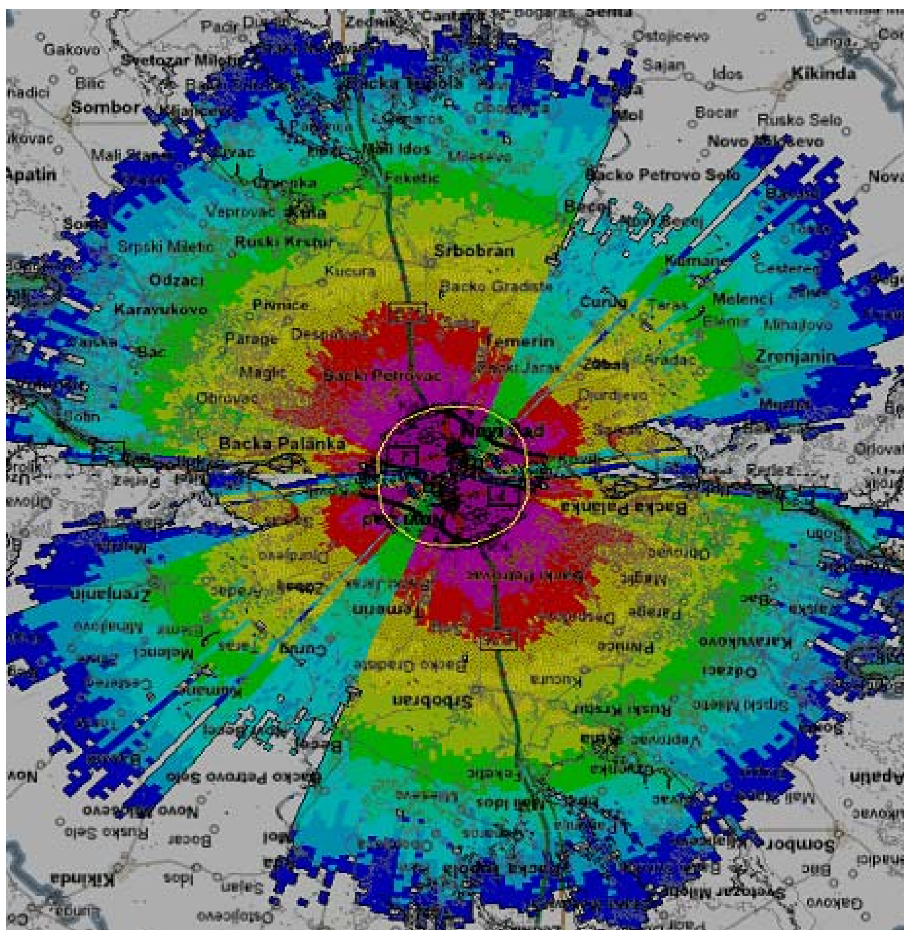
Χαρτογράφηση του Δικτύου Κινητής Τηλεφωνίας

Σημείωση: Αν και η λαμβανόμενη ισχύς σε dbm είναι αρνητικός αριθμός, θα αναφερόμαστε για λόγους ευκολίας στον αντίθετο θετικό αριθμό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η χαρτογράφηση της περιοχής γίνεται εφ' άπαξ, πριν από οποιοδήποτε ερώτημα εντοπισμού, μετά το πέρας της οποίας δεν είναι απαραίτητη η συσκευή GPS, παρά μόνο για την επαλήθευση των εκτιμήσεων.

Επειδή ο χάρτης κάλυψης έχει αρκετά μεγάλο μέγεθος, αποφασίστηκε η αποθήκευσή του σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή (server) στο διαδίκτυο. Το κινητό τηλέφωνο του χρήστη δεν θα έχει στην διάθεσή του το χάρτη κάλυψης, και για αυτόν τον λόγο θα συνδέεται μέσω GPRS με τον server, ο οποίος θα αναλαμβάνει το φόρτο όλων των υπολογισμών.

Στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται ένας πιθανός χάρτης κάλυψης μίας κυψέλης.



Υπόδειγμα χάρτη κάλυψης μίας κεραίας κινητής τηλεφωνίας. Οι βυθίσεις οφείλονται στην μορφολογία του εδάφους

3.2 Αλγόριθμος Εντοπισμού με βάση την COO

Ζητούμενο είναι η εκτίμηση της θέσης ενός φορητού τερματικού, έχοντας ως δεδομένο το μοναδικό αναγνωριστικό της συνδεδεμένης κυψέλης, καθώς και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dbm. Επιπλέον θεωρούμε ότι είναι ήδη γνωστός ο χάρτης κάλυψης της κεραίας στην οποία βρίσκεται ο χρήστης, από προηγούμενη χαρτογράφηση, ειδάλλως, καμία είδους εκτίμηση της θέσης δεν είναι εφικτή.

Ο αλγόριθμος εντοπισμού της θέσης έχει χωριστεί σε τρία επίπεδα αυξανόμενης ακρίβειας και πολυπλοκότητας. Η ενεργοποίηση κάθε επιπέδου εξαρτάται από το πρόσφατο ιστορικό του χρήστη. Όσο πιο πλούσιο και πλήρες είναι το διαθέσιμο ιστορικό των κινήσεων του χρήστη, τόσο ακριβέστερη είναι η εκτίμηση που θα προκύψει από τον αλγόριθμο. Αν αντίθετα, δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τον χρήστη, τότε η εκτίμηση θα είναι υποδεέστερης ποιότητας. Προφανώς ταυτόχρονα με την αύξηση της πολυπλοκότητας, αυξάνεται και ο χρόνος σύγκλισης του αλγορίθμου.

3.2.1 Επίπεδο 0

Το επίπεδο 0, όπως προκύπτει και από το όνομά του, είναι το απλούστερο και ελαφρύτερο επίπεδο του αλγορίθμου. Ενεργοποιείται όταν δεν έχουμε διαθέσιμο πρόσφατο ιστορικό για το χρήστη και δεν κάνει καμία απολύτως πρόβλεψη για την θέση του, εξαιτίας της έλλειψης αυτών των στοιχείων. Ως θέση του κινητού θεωρείται απλώς ο μέσος όρος των σημείων της ίδιας κυψέλης με αυτήν που έχει συνδεθεί το κινητό τηλέφωνο του χρήστη, με παρόμοια ισχύ, αφού δεν υπάρχει καμία δυνατότητα για περαιτέρω βελτίωση. Ο αλγόριθμος είναι απλός και ταχύτατος, με τίμημα το συγκριτικά μεγάλο σφάλμα του, σε σχέση με τα ανώτερα επίπεδα του αλγορίθμου.

Το επίπεδο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως κατά την αρχική εκκίνηση του χρήστη ή όταν τα χρονικά προγενέστερα δεδομένα έχουν απαξιωθεί.

3.2.1.1 Ψευδοκώδικας Επιπέδου 0

Ο ψευδοκώδικας του επιπέδου 0 είναι ο ακόλουθος:

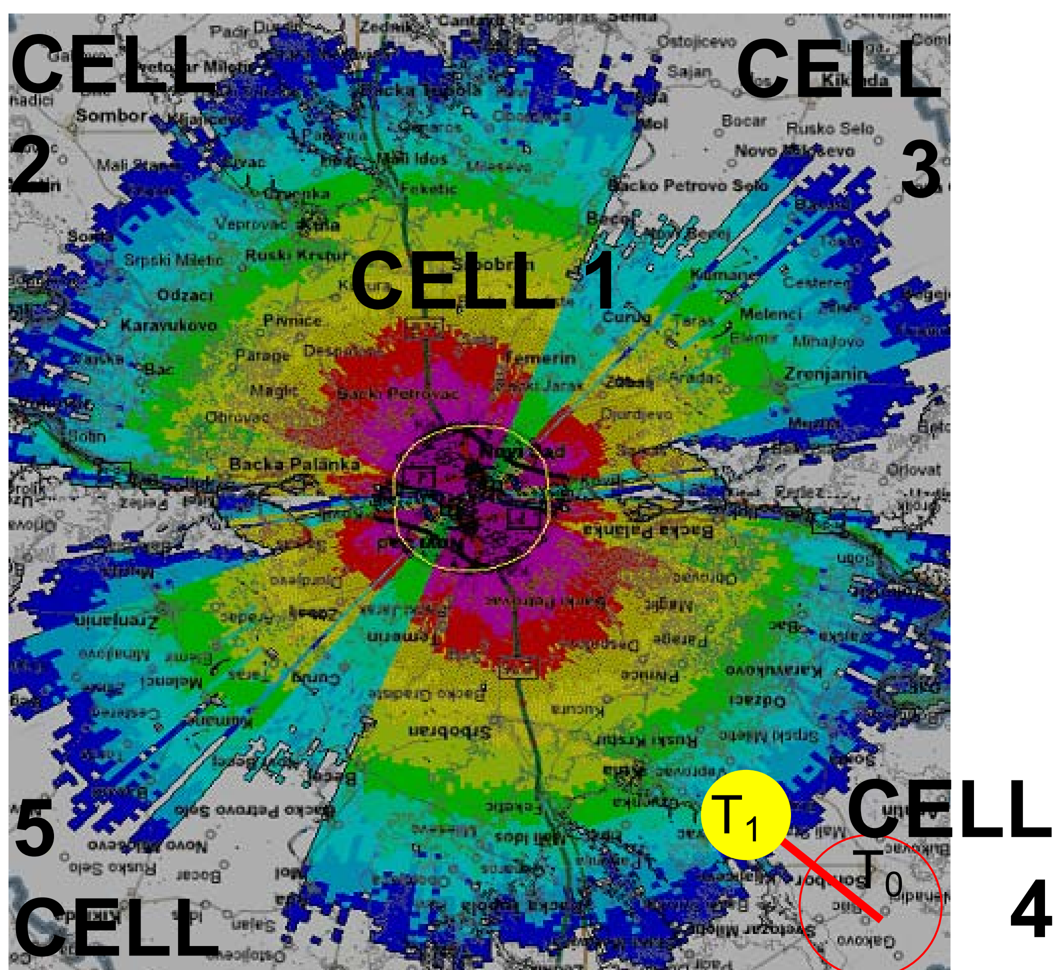
- `Υπολόγισε τον αριθμητικό μέσο όρο των μετρήσεων που:`
  `έχουν ισχύ ±2dB σε σχέση με την ισχύ που βλέπει ο χρήστης`
  `και βρίσκονται στην ίδια κυψέλη με αυτή που βλέπει ο χρήστης`
- `Επίστρεψε την εκτιμώμενη θέση (γεωγραφικές συντεταγμένες) στο χρήστη`
- `Βαθμολόγησε την εκτίμηση με 40 μονάδες και αποθήκευσέ την`

Η βαθμολογία της εκτίμησης παραμένει αχρησιμοποίητη προς το παρόν, αφού ο αλγόριθμος του επιπέδου 0 δεν επεξεργάζεται κανενός είδους άλλες πληροφορίες, παρά μόνο τις απολύτως απαραίτητες.

Τονίζεται ότι τόσο οι 40 μονάδες τις βαθμολογίας, όσο και το διάστημα των 2dB δεν έχουν προκύψει από μαθηματικό τύπο, αλλά με βάση τις πειραματικές μετρήσεις. Η επιλογή έχει γίνει με βάση την περιοχή που χαρτογραφήθηκε, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του μέσου σφάλματος. Αν και έγινε κάθε προσπάθεια η χαρτογραφημένη περιοχή αυτή να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική, ενδέχεται σε μεγαλύτερη περιοχή οι βέλτιστες τιμές να είναι διαφορετικές από τις εδώ αναφερόμενες. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα πειραματικά δεδομένα, ανατρέξτε σε επόμενο κεφάλαιο.

3.2.2 Επίπεδο 1

Το επίπεδο 1, για να βελτιώσει την εκτίμηση της θέσης, λαμβάνει υπ' όψιν του την τελευταία καταχώρηση του χρήστη, εφόσον αυτή είναι σχετικά πρόσφατη. Η βελτίωση της εκτίμησης γίνεται κυρίως όταν συμβαίνει αλλαγή κυψέλης. Τότε ο αλγόριθμος συνυπολογίζει ότι, αν έγινε αλλαγή κυψέλης από την Α στην Β, τότε ο χρήστης θα είναι στην κυψέλη Β μεν, κοντά όμως στα σύνορα με την Α. Στη συνέχεια η επόμενη θέση θα είναι λογικά κοντά στην προηγούμενη και όχι στην αντίθετη μεριά της κυψέλης. Παράδειγμα εκτέλεσης του επιπέδου 1 φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Σε αυτό το σχήμα υποθέτουμε ότι ο χρήστης μετακινήθηκε από την κυψέλη 4 στην κυψέλη 1.



Βελτίωση εκτίμησης κατά την αλλαγή κυψέλης

Με την πάροδο του χρόνου όμως, η ακρίβεια των εκτιμήσεων μειώνεται, καθώς τα σφάλματα συσσωρεύονται. Για την αποφυγή της απαξίωσης της εκτίμησης εφαρμόζεται ένα σύστημα βαθμολόγησης. Όταν γίνει αλλαγή κυψέλης, τότε η βαθμολογία της εκτίμησης αυξάνεται. Αντίθετα όσο ο χρήστης παραμένει στην ίδια κυψέλη, η βαθμολογία της εκτίμησης μειώνεται. Όταν η βαθμολογία της εκτίμησης του επιπέδου 1 μειωθεί κάτω από ένα κατώφλι,

τότε, για αποφυγή των σωρευτικών σφαλμάτων, το επίπεδο 1 απενεργοποιείται και παραμένει ανενεργό μέχρι την επόμενη αλλαγή κυψέλης. Μέχρι την επόμενη αλλαγή κυψέλης και την επανενεργοποίηση του επιπέδου 1, όλες οι αιτήσεις εντοπισμού εξυπηρετούνται από το επίπεδο 0. Επιπλέον, είναι προφανές ότι το επίπεδο 1 δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί μέχρι να γίνει η πρώτη αλλαγή κυψέλης, γιατί όση ώρα ο χρήστης βρίσκεται στην αρχική κυψέλη, οι εκτιμήσεις που γίνονται από το επίπεδο 0 δε θεωρούνται αξιόπιστες.

Ο αλγόριθμος αυτός είναι μεν αργότερος από τον αλγόριθμο του κατώτερου επιπέδου, είναι όμως σχετικά γρήγορος.

3.2.2.1 Ψευδοκώδικας Επιπέδου 1

Ακολουθεί ο ψευδοκώδικας επιπέδου 1

```
Level_1 = false   // κατά την πρώτη εκτέλεση

Αν δεν υπάρχουν καταχωρήσεις του χρήστη μέσα στα τελευταία 5 λεπτά
      εκτέλεσε την εκτίμηση Επιπέδου 0

Αν υπάρχουν καταχωρήσεις του χρήστη μέσα στα τελευταία 5 λεπτά {
      Αν στην τρέχουσα καταχώρηση έγινε αλλαγή κυψέλης {
            Η βαθμολογία της εκτίμησης αυξάνεται κατά 25 μονάδες
            Level_1 = true
      }

      Αλλιώς {
            Αν Level_1 = false επίστρεψε την εκτίμηση Επιπέδου 0
            Αλλιώς η βαθμολογία της εκτίμησης μειώνεται κατά 7
            μονάδες
      }

      Αν η νέα βαθμολογία είναι μικρότερη από 10 {
            Level_1 = false
            Επίστρεψε την εκτίμηση του επιπέδου 0
      }
```

```
    Αναζήτησε σημεία μέσα στην κυψέλη που βλέπει το κινητό, με ισχύ
    ±2dB σε σχέση με τη μετρούμενη, τα οποία βρίσκονται κοντά στην
    προηγούμενη εκτίμηση.

    Υπολόγισε τον αριθμητικό μέσο όρο των παραπάνω σημείων και
    επίστρεψε την εκτίμηση στο χρήστη

    Αποθήκευσε την εκτίμηση στην βάση
}
```

Όπως προαναφέρθηκε και στο επίπεδο 0, τονίζεται ότι το κατώφλι των 5 λεπτών, το κατώφλι των 10 μονάδων, η αύξηση της βαθμολογία κατά 25 μονάδες, η μείωσή της κατά 7 μονάδες και το διάστημα των 2 dB δεν προκύπτουν από κάποιον μαθηματικό τύπο, αλλά από πειραματικά αποτελέσματα.

3.2.2.2 Απόσταση μεταξύ 2 σημείων

Στην προηγούμενη παράγραφο έγινε αναφορά για "σημεία τα οποία βρίσκονται κοντά στο προηγούμενο". Ως "κοντινά" σημεία σε ένα σημείο Σ, θεωρούμε τα σημεία με την ελάχιστη δυνατή απόσταση από το σημείο Σ. Εφόσον όλα τα σημεία βρίσκονται πάνω στην υδρόγειο σφαίρα, η απόσταση μεταξύ δύο σημείων είναι η απόσταση του μέγιστου κύκλου που διέρχεται από αυτά τα δύο σημεία. Ως μέγιστος κύκλος (great circle) δύο σημείων πάνω σε μια σφαίρα ορίζεται ο κύκλος που διέρχεται από αυτά τα δύο σημεία και έχει το ίδιο κέντρο με την σφαίρα. Η απόσταση μεγίστου κύκλου είναι η ακόλουθη:

Έστωσαν τα δύο σημεία στον χάρτη (lat_1, $long_2$) και (lat_2, $long_2$)

Έστω R = ακτίνα της γης = 6.371km (μέση τιμή)

Θα είναι $\Delta lat = lat_2 - lat_1$ και $\Delta long = long_2 - long_1$

Θέτουμε $a = \sin^2\left(\Delta lat/2\right) + \cos\left(lat_1\right)\cdot\cos\left(lat_2\right)\cdot\sin^2\left(\Delta long/2\right)$

Τότε η απόσταση μέγιστου κύκλου θα είναι $d = 2R\cdot\arctan\left(\sqrt{\frac{a}{1-a}}\right)$

Ο προηγούμενος τύπος είναι γνωστός ως τύπος του ***Haversine***, και είναι αρκετά ακριβής όσο η απόσταση μεταξύ των σημείων δεν είναι συγκρίσιμη με την ακτίνα της γης, κάτι που συμβαίνει στην περίπτωσή μας.

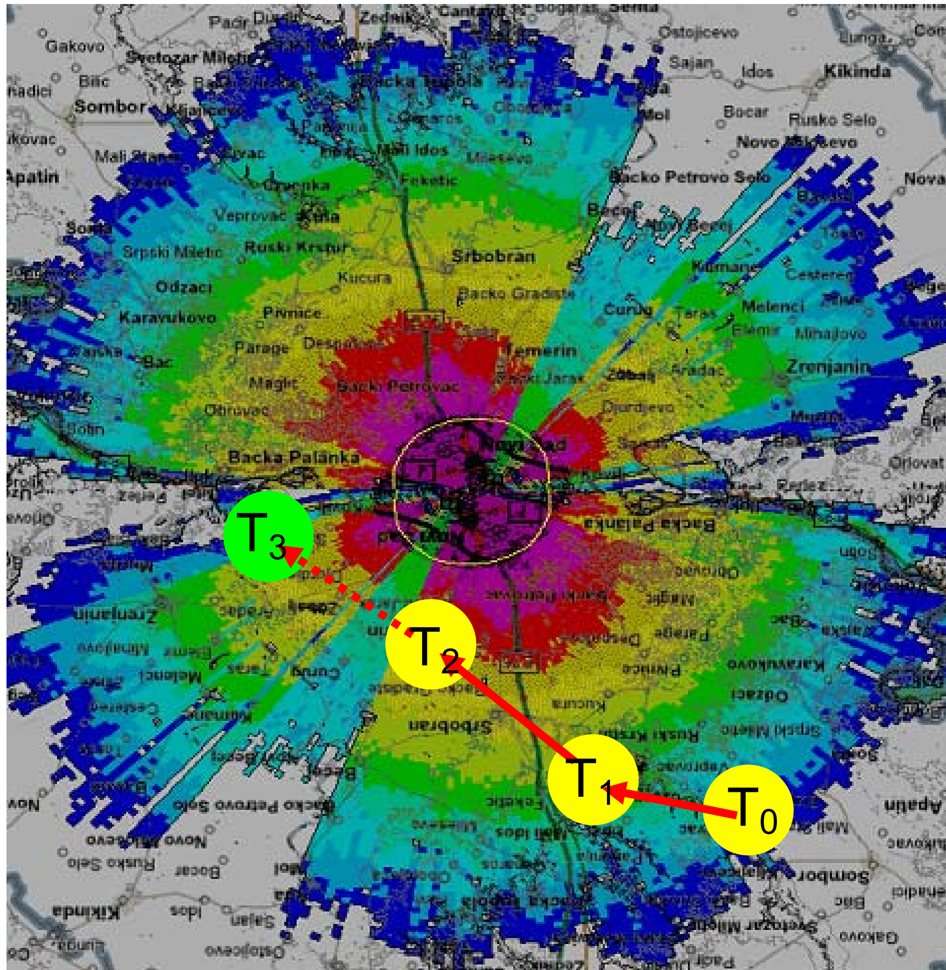
3.2.3 Επίπεδο 2

Το επίπεδο 2 βελτιώνει περαιτέρω την εκτίμηση από το επίπεδο 1, λαμβάνοντας υπ’ όψιν όχι μόνο την τελευταία καταχώρηση, αλλά όλες τις καταχωρήσεις των τελευταίων 5 λεπτών. Το επίπεδο 2 βασίζεται άμεσα στο επίπεδο 1, αφού ζητάει κατ’ αρχήν την εκτίμηση του επιπέδου 1. Όμως, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το επίπεδο 1 μπορεί να κρίνει το ιστορικό αναξιόπιστο και να επιστρέψει το επίπεδο 0. Σε αυτήν την περίπτωση και το επίπεδο 2 επιστρέφει απ’ ευθείας την εκτίμηση του επιπέδου 0, αφού με ανεπαρκές ιστορικό δεν υπάρχει δυνατότητα βελτίωσης.

Αν η εκτίμηση ήταν όντως επιπέδου 1, τότε προσπαθεί να υπολογίσει την ταχύτητα, καθώς και την κατεύθυνση της κίνησης με βάση το ιστορικό. Γνωρίζοντας τη μέση ταχύτητα και την κατεύθυνση υπολογίζει το θεωρητικώς επόμενο σημείο στον χάρτη και πραγματοποιεί αναζήτηση πιθανών σημείων κοντά στο θεωρητικώς υπολογισμένο.

Είναι προφανές ότι η ποιότητα των εκτιμήσεων αυτού του επιπέδου εξαρτάται άμεσα από την πληρότητα του ιστορικού των κινήσεων του χρήστη. Όσο πιο συχνά ενημερώνει ο χρήστης το σύστημα για τη θέση του, τόσο ακριβέστερες θα είναι οι πραγματοποιούμενες εκτιμήσεις. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου δεν διαθέτουμε πλούσιο ιστορικό, η εκτίμηση που θα δώσει το επίπεδο 2 δε θα είναι ικανοποιητικής ακρίβειας.

Παράδειγμα εκτέλεσης του επιπέδου 2 φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Υποθέτουμε ότι έχουμε ήδη υπολογίσει την θέση του χρήστη τις χρονικές στιγμές T0, T1, T2, και αναζητούμε σημείο T3 με απόσταση από το T2 ίση με την μέση απόσταση και γωνία κίνησης ίση με την μέση γωνία.



Εκτέλεση επιπέδου 2

Παρατηρήθηκε ότι, λόγω της πολυπλοκότητας των ερωτημάτων, αυτό το επίπεδο επιβάρυνε αρκετά την επίδοση του συστήματος σε σχέση με προηγούμενα επίπεδα.

3.2.3.1 Ψευδοκώδικας Επιπέδου 2

```
Υπολόγισε την εκτίμηση Επιπέδου 1
Αν η εκτίμηση είναι Επιπέδου 0, επίστρεψε αυτήν την εκτίμηση.

Αναζήτησε στη βάση όλες τις καταχωρήσεις του χρήστη μέσα στα τελευταία 5 λεπτά.
Αν είναι λιγότερες από 3
      επίστρεψε την εκτίμηση επιπέδου 1.
```

```
Υπολόγισε τη μέση απόσταση μεταξύ των εκτιμήσεων και τη μέση
γωνία κίνησης.
Αναζήτησε σημείο στη βάση με
    ισχύ ± 2dB σε σχέση με τη μετρούμενη,
    απόσταση από την τελευταία εκτίμηση ίση με τη μέση
    απόσταση κατά ± 20%
    γωνία από την τελευταία εκτίμηση ίση με τη μέση γωνία
    κατά ± 30°.
Αν δε βρέθηκε τέτοιο σημείο επίστρεψε την εκτίμηση επιπέδου 1.

Αύξησε τη βαθμολογία αυτής της εκτίμησης κατά 10.
Υπολόγισε το σταθμισμένο μέσο όρο της εκτίμησης Επιπέδου 1 και
της νέας εκτίμησης.

Επίστρεψε την εκτίμηση και αποθήκευσε την στη βάση.
```

Όπως προαναφέρθηκε και νωρίτερα, τονίζεται ότι τα διάφορα νούμερα δεν έχουν προκύψει από μαθηματικούς τύπους, αλλά είναι αποτέλεσμα πειραματικών μετρήσεων.

4

Υλοποίηση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση των εφαρμογών που υλοποιήθηκαν. Κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν προηγουμένως σύντομα οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των εφαρμογών.

4.1 Πλατφόρμες και προγραμματιστικά εργαλεία

Ως βασική πλατφόρμα ανάπτυξης της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το NetBeans IDE έκδοση 5.0 build 200601251500. Το NetBeans είναι διαθέσιμο στο www.netbeans.org δωρεάν.

Η Java που χρησιμοποιήθηκε είναι η Java 5 1.5.0_06 από το site www.java.sun.com.

Για την αποθήκευση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων MySQL, έκδοσης 5.0.19. Η MySQL είναι διαθέσιμη για άμεση λήψη από το www.mysql.com.

Ως εξυπηρετητής διαδικτύου χρησιμοποιήθηκε ο Apache Tomcat 5.5.9, που βρίσκεται ενσωματωμένος στο NetBeans.

Πέραν των βασικών τεχνολογιών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι απαραίτητη μία σύντομη παρουσίαση των ακόλουθων πρωτοκόλλων και τεχνολογιών πάνω στα οποία βασίστηκε η διπλωματική εργασία.

4.1.1 Πρωτόκολλο NMEA 0183

National Marine Electronics Association; issues standards for interfacing marine electronics devices.

Η National Marine Electronics Association (NMEA) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής δημοσιεύει τα πρωτόκολλα για τη διεπαφή ναυτικών ηλεκτρονικών συσκευών. Η χρήση αυτών των πρωτοκόλλων επεκτάθηκε και πλέον χρησιμοποιείται ως έξοδος από οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να προσφέρει δεδομένα καθοδήγησης ή εντοπισμού θέσης. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλό της είναι το NMEA 0183 έκδοση 3.01 που δόθηκε στη δημοσιότητα τον Ιανουάριο του 2002.

Η έξοδος του NMEA 0183 είναι συμβατή με το RS232 της σειριακής θύρας του υπολογιστή. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν ασύρματες συσκευές Bluetooth, οι οποίες δημιουργούν για την έξοδο NMEA σειριακή θύρα πάνω από την σύνδεση Bluetooth (Bluetooth Serial Port Protocol – BTSPP)

Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων είναι 4800 bps, με 8 bits δεδομένων και κανένα bit ισοτιμίας. Όλες οι προτάσεις αποτελούνται από χαρακτήρες ASCII, ξεκινούν με το σήμα του δολαρίου («$») και τερματίζονται με <CR><LF> (carriage return - line feed), ενώ ο διαχωρισμός των ορισμάτων γίνεται με το χαρακτήρα κόμμα («,»). Μετά το δολάριο ακολουθεί μία ακολουθία 5 χαρακτήρων, με τους 2 πρώτους να χαρακτηρίζουν την πηγή του σήματος (GP για συσκευές GPS) και τους 3 επόμενους το είδος της πρότασης. Εμείς θα ασχοληθούμε ιδιαίτερα με την πρόταση **GPRMC**:

$GPRMC,hhmmss.sss,A,LLll.llll,a,LLLll.llll,a,x.x,x.x,ddmmyy,x.x,a*hh

Τα ορίσματα είναι τα ακόλουθα:

1. **GPRMC**: Global Positioning System Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data
2. **hhmmss.ss**: Η ώρα GMT με h τις ώρες (2 ψηφία ακέραιος), m τα λεπτά (2 ψηφία ακέραιος) και s τα δευτερόλεπτα (δεκαδικός αριθμός, υπόλοιπα ψηφία μέχρι το κόμμα)
3. **A**: Κατάσταση των δεδομένων. Αν ισούται με τον χαρακτήρα V τα δεδομένα δεν είναι έγκυρα.
4. **LLll.llll**: Το γεωγραφικό πλάτος από 0 μέχρι 90 μοίρες. Τα 2 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός.
5. **a**: N για Βόρεια, S για νότια.

6. **LLLll.llll**: Το γεωγραφικό μήκος από 0 μέχρι 180 μοίρες. Τα 3 πρώτα ψηφία είναι οι μοίρες σε ακέραιο αριθμό, ενώ τα επόμενα είναι τα πρώτα λεπτά της μοίρας ως δεκαδικός αριθμός.
7. **a**: E για ανατολικά, W για δυτικά.
8. **x.x**: Ταχύτητα εδάφους σε κόμβους.
9. **x.x**: Γωνία κίνησης σε μοίρες
10. **ddmmyy**: Η ημερομηνία ως εξαψήφιος αριθμός.
11. **x.x**: Μαγνητική απόκλιση σε μοίρες
12. **a**: E για ανατολικά, W για δυτικά.
13. ***hh**: Ο χαρακτήρας * εκπέμπεται ως είναι και ακολουθεί το checksum.

4.1.2 Java 2 Micro Edition (J2ME)

Η J2ME είναι η πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών για μικρές συσκευές. Στην πραγματικότητα είναι ένα σύνολο από APIs, την διαφόρφωση – Configuration, το προφίλ – Profile, και τα προαιρετικά πακέτα.

4.1.2.1 Connected Limited Device Configuration (CLDC)

Το CLDC είναι η καρδιά του J2ME. Αποτελεί τον πυρήνα της Java που πρέπει να έχει οποιαδήποτε συσκευή περιορισμένων δυνατοτήτων (Limited Device), ώστε να επιτρέπεται η εκτέλεση εφαρμογών Java. Οι απαιτήσεις του σε υλικό είναι εξαιρετικά περιορισμένες:

1. 16bit ή 32bit επεξεργαστής 16MHz ή ανώτερος
2. 160 KB σταθερής μνήμης για την αποθήκευση των βιβλιοθηκών και της εικονικής μηχανής Java
3. Τουλάχιστον 192KB συνολικής μνήμη για την πλατφόρμα Java
4. Διασύνδεση σε κάποιο δίκτυο, συχνά περιορισμένου εύρους ζώνης.

Το CLDC θεωρεί ότι η συσκευή καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια και συνήθως λειτουργεί με μπαταρίες. Εγκαθίσταται από τον κατασκευαστή της συσκευής σε κινητά τηλέφωνα, pagers και άλλες τέτοιες συσκευές με περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ, μνήμη και γραφική έξοδο. Η έκδοση 1.0 του CLDC (Java Specification Request – JSR 30) ήταν η πρώτη έκδοση, που παρείχε εξαιρετικά περιορισμένες δυνατότητες σε τέτοιου είδους μικρές συσκευές. Η τρέχουσα έκδοση 1.1 (JSR 139) επεκτείνει την έκδοση 1.0, και προσθέτει αρκετές επεκτάσεις, όπως οι πράξεις κινητής υποδιαστολής

4.1.2.2 Mobile Information Device Profile (MIDP)

Τα προφίλ χρησιμοποιούνται για να διαφοροποιήσουν συσκευές της ίδιας διαμόρφωσης. Για παράδειγμα ενώ οι pagers και τα κινητά τηλέφωνα ανήκουν στην διαμόρφωση CLDC, τα προφίλ που τους αντιστοιχούν είναι διαφορετικά. Το MIDP προσδιορίζει κινητά τηλέφωνα, ενώ οι εφαρμογές που γράφονται πάνω σε αυτό αποκαλούνται MIDlets.

Η έκδοση 1.0 (JSR 37) ήταν η πρώτη έκδοση του MIDP, και προσέφερε βασικές λειτουργίες, όπως η διασύνδεση του χρήστη και η ασφάλεια του δικτύου. Η τρέχουσα έκδοση 2.0 προσφέρει βελτιωμένη διεπιφάνεια χρήστη, δυνατότητες πολυμέσων και δημιουργία παιχνιδιών, και ακόμα βελτιωμένες δυνατότητες δικτυακής διασύνδεσης.

4.1.2.3 Προαιρετικά Πακέτα

Όλες οι συσκευές που ανήκουν στο ίδιο προφίλ και στην ίδια διαμόρφωση υποχρεούνται να προσφέρουν τον ίδιο βασικό πυρήνα λειτουργιών. Κάποιες συσκευές έχουν όμως περισσότερες δυνατότητες από τις υπόλοιπες, και προσφέρουν επιπλέον λειτουργίες στον χρήστη. Πρέπει να τονισθεί ότι δεν είναι υποχρεωτικές αυτές οι λειτουργίες για όλες τις συσκευές που ανήκουν στο ίδιο προφίλ. Τα πακέτα αυτά προσφέρουν δυνατότητες όπως η Bluetooth διασύνδεση, αποστολής σύντομου μηνύματος (SMS) από την εφαρμογή και διάφορα άλλα.

4.1.3 Symbian Operating System

Τα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα εκτελούν ένα περιορισμένο λειτουργικό σύστημα. Η πλειοψηφία αυτών των συσκευών χρησιμοποιεί το λειτουργικό Symbian, ενώ μια μειοψηφία βασίζεται στο Windows Mobile. Ανάλογα με τις δυνατότητες της συσκευής υπάρχει και το Symbian αντίστοιχων δυνατοτήτων. Δυστυχώς οι διάφορες εκδόσεις του Symbian δεν είναι απαραίτητα συμβατές προς τα πίσω, κάνοντας την ανάπτυξη της εφαρμογής εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από την συσκευή στόχο.

4.2 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής

Στην πορεία της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε μια πληθώρα εφαρμογών, οι οποίες είχαν ως σκοπό τον έλεγχο των αλγορίθμων, την αρχικοποίηση της βάσης δεδομένων καθώς

και την προσφορά υπηρεσιών βασιζόμενες σε θέση (LBS) στους χρήστες. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν:

1. **DiplomaCellPhone**, εφαρμογή που τρέχει στο κινητό τηλέφωνο του χρήστη, επιτρέπει τη χαρτογράφηση της περιοχής που βρίσκεται ο χρήστης με την βοήθεια μιας συσκευής GPS, ενώ κατά την αντίστροφη λειτουργία, όπου γνωρίζουμε τον κωδικό της κυψέλης και την ισχύ του σήματος, συνδέεται μέσω GPRS σε server στο διαδίκτυο για τη μεταβίβαση της μέτρησης και τη λήψη της εκτίμησης.
2. **DiplomaCellServer**, αποτελεί τον server όπου συνδέονται όλα τα κινητά για να αναφέρουν σε αυτόν την κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένα και την ισχύ του σήματος. Ο DiplomaCellServer αναλαμβάνει όλους τους υπολογισμούς και επιστρέφει στα κινητά την εκτίμησή του.
3. **DiplomaInternetServer**, αποτελεί την πύλη της εφαρμογής στο διαδίκτυο. Οι χρήστες συνδέονται σε αυτόν μέσω browser και μπορούν να παρακολουθήσουν τη θέση των τηλεφώνων και να διαχειριστούν το λογαριασμό τους.
4. **DiplomaCentral**, η εφαρμογή που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των μετρήσεων στη βάση καθώς και για τον έλεγχο των αλγορίθμων.

Πλέον των προαναφερόμενων εφαρμογών αναπτύχθηκε και μία βάση δεδομένων για την αποθήκευση του χάρτη κάλυψης και της θέσης του εκάστοτε χρήστη.

Υπενθυμίζεται ότι λόγω του μεγέθους του χάρτη κάλυψης, αυτός δεν θα είναι διαθέσιμος στο κινητό τηλέφωνο του χρήστη, παρά μόνο στον DiplomaCellServer.

Όλες οι εφαρμογές είναι γραμμένες για λόγους φορητότητας στην αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού Java. Δυστυχώς στην τρέχουσα έκδοση του MIDP, μία εφαρμογή MIDlet δεν έχει την δυνατότητα να γνωρίζει τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος. Επειδή όμως θέλουμε να διατηρήσουμε την ανεξαρτησία από τη συσκευή του χρήστη, αναπτύσσουμε την εφαρμογή σε Java και λαμβάνουμε τα απαραίτητα στοιχεία από έναν server που έχει αναπτυχθεί από το Placelab (www.placelab.org) και είναι διαθέσιμος στο κοινό. Ένα MIDlet μπορεί να ανοίξει TCP σύνδεση με το server του Placelab και να ζητήσει τον κωδικό της κυψέλης και την ισχύ του σήματος. Με αυτόν τον τρόπο, απομονώνοντας το εξαρτώμενο από το λειτουργικό σύστημα του κινητού τηλεφώνου τμήμα, επιτυγχάνουμε τη μέγιστη δυνατή ανεξαρτησία από την συσκευή προορισμού.

4.2.1 DiplomaCellPhone

Η εφαρμογή DiplomaCellPhone αποτελεί το τμήμα του λογισμικού που αναπτύχθηκε για το κινητό τηλέφωνο του χρήστη. Μόλις ενεργοποιηθεί ζητάει σύνδεση με το server του Placelab και δημιουργεί ένα νήμα το οποίο σε τακτά χρονικά διαστήματα ρωτάει από το Placelab Server το μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης και την ισχύ του σήματος, τα οποία στη συνέχεια εμφανίζει στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου.

Ο χρήστης μπορεί στη συνέχεια να ρυθμίσει το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών επαναλήψεων καθώς και τις ρυθμίσεις ειδοποίησης, αν θα πρέπει να ειδοποιείται δηλαδή κατά την αρχική εύρεση ή την αλλαγή κυψέλης.

Επιπλέον ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ζητήσει σύνδεση με συσκευή Bluetooth GPS, αν διαθέτει τέτοια συσκευή, με σκοπό την χαρτογράφηση της περιοχής που βρίσκεται. Κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης ο χρήστης μπορεί να ζητήσει την αποθήκευση σημείου ενδιαφέροντος, όπως βενζινάδικο ή ξενοδοχείο.

Τέλος, ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί μέσω GPRS με το DiplomaCellServer. Αφού ζητηθεί το όνομα χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης, η εφαρμογή συνδέεται με τον server και αποστέλλει τακτικά σε αυτόν την ορατή κυψέλη και την ισχύ του σήματος. Στην συνέχεια λαμβάνονται από τον server οι εκτιμώμενες συντεταγμένες του χρήστη.

Αν ο χρήστης έχει τρόπο να γνωρίζει την τρέχουσα θέση του, είτε μέσω συσκευής GPS, είτε μέσω της εκτίμησης που επιστρέφεται από το DiplomaCellServer, μπορεί να ζητήσει την εμφάνιση ενός χάρτη της περιοχής που βρίσκεται από το maps.google.com. Υπάρχει η δυνατότητα μεγένθυσης και σμίκρυνσης αυτού του χάρτη.

4.2.2 Placelab Server

Ο server του Placelab δημιουργήθηκε με σκοπό την παροχή των πληροφοριών που αδυνατεί εκ κατασκευής να γνωρίζει το MIDlet: τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης και την ισχύ του σήματος. Αφού εγκατασταθεί στο κινητό τηλέφωνο και ενεργοποιηθεί από το χρήστη δέχεται εισερχόμενες TCP συνδέσεις στη θύρα 4040. Μόλις συνδεθεί κάποια εφαρμογή αναμένει την είσοδο χαρακτήρα. Μόλις διαβάσει ένα byte στέλνει αμέσως τον κωδικό της κυψέλης και την ισχύ σε dbm σε μορφή:

CellID,LAC,dbm,MNC,MCC,Provider Name

Δεν παρουσιάζονται κενά μεταξύ των δεδομένων, ενώ η σειρά τελειώνει με τον χαρακτήρα αλλαγής γραμμής.

4.2.3 DiplomaCellServer

Ο DiplomaCellServer είναι ο μόνος που διαθέτει το χάρτη κάλυψης λόγω του μεγέθους του τελευταίου. Με αυτόν τον server συνδέονται όλα τα κινητά τηλέφωνα και αναφέρουν την κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένα και την ισχύ την οποία λαμβάνουν σε dbm. Ο server επεξεργάζεται τα στοιχεία που λαμβάνει, με βάση τους αλγορίθμους που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και το ιστορικό που διαθέτει και επιστρέφει την εκτίμηση πίσω στα τερματικά. Τέλος, αποθηκεύει την εκτίμηση που έκανε για μελλοντική χρήση.

4.2.4 DiplomaInternetServer

Ο DiplomaInternetServer αποτελεί τον ιστοχώρο της εφαρμογής στο διαδίκτυο. Από εδώ, μπορούν οι χρήστες μέσω του browser τους:

- Να κατεβάσουν την εφαρμογή,
- Να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν το λογαριασμό τους,
- Να εξουσιοδοτήσουν τρίτους χρήστες να τους παρακολουθήσουν,
- Να αναιρέσουν την εξουσιοδότηση,
- Να παρακολουθήσουν τη θέση και το ιστορικό, τόσο τα δικά τους, όσο και χρηστών που τους έχουν εξουσιοδοτήσει.

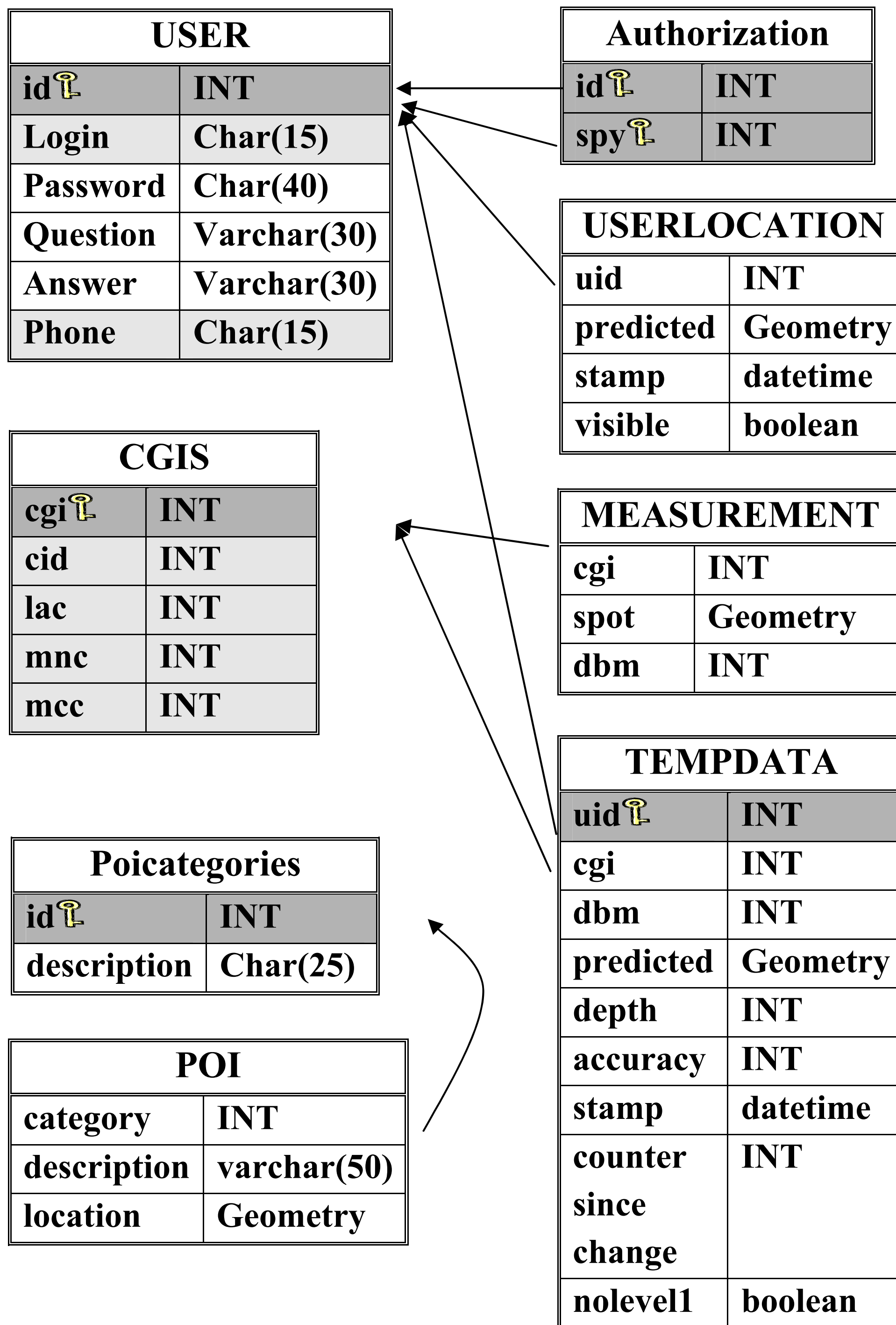
4.2.5 DiplomaCentral

Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιείται μόνο για την εισαγωγή των αρχικών δεδομένων που έχει καταγράψει το κινητό και για τον έλεγχο των αλγορίθμων. Χρησιμοποιεί τα αρχεία που έχει καταγράψει το κινητό τηλέφωνο του χρήστη είτε για να αποθηκεύσει το χάρτη κάλυψης στη βάση δεδομένων, είτε για να προσομοιάσει την κίνηση του κινητού τηλεφώνου και να υπολογίσει τα σφάλματα των αλγορίθμων.

4.2.6 Σχήμα της Βάσης Δεδομένων

Για την αποθήκευση του χάρτη κάλυψης, των χρηστών της εφαρμογής καθώς και της θέσης των χρηστών χρησιμοποιείται η σχεσιακή βάση δεδομένων MySQL.

Στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται το σχήμα της βάσης που χρησιμοποιήθηκε. Όλα τα στοιχεία με εξαίρεση το POI.Description είναι μη κενά NOT NULL.



Σχήμα της βάσης δεδομένων

Ακολουθεί αναλυτική εξήγηση του κάθε πίνακα.

4.2.6.1 Πίνακας CGIS

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης αποτελείται από 4 πεδία, το cellID, το Location Area Code – κωδικός περιοχής, Mobile Network Code – κωδικός παρόχου, Mobile Country Code – κωδικός χώρας. Αυτός ο πίνακας χρησιμεύει ως lookup table, αντιστοιχίζοντας στο πακέτο των 4 κωδικών ένα νέο μοναδικό αναγνωριστικό. Αυτό γίνεται κυρίως για διευκόλυνση των αναζητήσεων στους υπόλοιπους πίνακες, καθώς και για αποφυγή της επανάληψης πληροφοριών.

Το πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα είναι το cgi, ενώ το σύνολο (cid, lac, mnc, mcc) αποτελεί προφανώς υποψήφιο κλειδί (unique not null), αφού αποτελούν το μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης. Τόσο πάνω στο πρωτεύον κλειδί, όσο και πάνω στο υποψήφιο κλειδί έχει δημιουργηθεί ευρετήριο.

4.2.6.2 Πίνακας Measurement

Ο πίνακας Measurement αποθηκεύει το χάρτη κάλυψης και πάνω σε αυτόν εκτελούνται όλα τα ερωτήματα εκτίμησης. Αποτελείται από 3 πεδία:

- Τον κωδικό της κυψέλης cgi, το οποίο είναι ξένο κλειδί και αναφέρεται στον πίνακα cgis.
- Τη θέση spot της μέτρησης, πεδίο τύπου Geometry.
- Τη μετρούμενη ισχύ του σήματος dbm. Τονίζεται ότι σε αυτό το πεδίο αποθηκεύονται θετικοί ακέραιοι.

Πάνω στο ξένο κλειδί cgi έχει δημιουργηθεί ευρετήριο.

4.2.6.3 Πίνακας User

Αποθηκεύει τους λογαριασμούς των χρηστών. Τα πεδία του είναι τα ακόλουθα:

- Το πρωτεύον κλειδί id
- Το υποψήφιο κλειδί login, με το login του χρήστη
- Το πεδίο password, που για λόγους προστασίας αποθηκεύει κρυπτογραφημένη μορφή του κωδικού πρόσβασης (sha(πραγματικού password))
- Το πεδίο question, που αποθηκεύει τη μυστική ερώτηση του χρήστη, σε περίπτωση ξεχασμένου login ή password
- Το πεδίο answer, που είναι προφανώς η απάντηση της ανωτέρω ερώτησης

- Το πεδίο phone. Αποθηκεύει το τηλέφωνο του χρήστη, το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάκτηση του κωδικού πρόσβασης. Αποτελεί υποψήφιο κλειδί.

Έχει δημιουργηθεί ευρετήριο πάνω στο πρωτεύον κλειδί id και στα δύο υποψήφια κλειδιά login και phone.

4.2.6.4 Πίνακας Userlocation

Αποθηκεύει το ιστορικό της κίνησης όλων των χρηστών του συστήματος. Αποτελείται από τα ακόλουθα 4 πεδία:

- Το ξένο κλειδί uid, που είναι ο κωδικός του χρήστη και αναφέρεται στο πρωτεύον κλειδί id του πίνακα user
- Το πεδίο predicted, που αποθηκεύει την εκτίμηση που έγινε για την θέση του χρήστη
- Ακολουθεί η χρονοσφραγίδα stamp της εκτίμησης
- Και τέλος είναι μία Boolean μεταβλητή που αποθηκεύει εάν ο χρήστης επιθυμεί να είναι ορατός σε τρίτους χρήστες

Πάνω στο ξένο κλειδί uid έχει δημιουργηθεί ευρετήριο.

4.2.6.5 Πίνακας Tempdata

Επειδή δεν είναι δυνατή η τήρηση της συνεδρίας μεταξύ διαδοχικών κλήσεων του DiplomaCellServer, χρησιμοποιείται ο ακόλουθος πίνακας για προσωρινή αποθήκευση της τελευταίας καταχώρησης που έγινε για όλους τους χρήστες, μαζί με όλες τις προσωρινές μεταβλητές. Τα πεδία αυτού του πίνακα είναι:

- Ο κωδικός uid του χρήστη, που είναι ξένο κλειδί του πίνακα user. Επειδή αποθηκεύουμε μόνο την τελευταία καταχώρηση για κάθε χρήστη αποτελεί και πρωτεύον κλειδί.
- Ο κωδικός cgi της κυψέλης με την οποία ήταν συνδεδεμένος ο χρήστης εκείνη την χρονική στιγμή. Είναι ξένο κλειδί και αναφέρεται στον πίνακα cgis.
- Η εκτίμηση της πρόβλεψης predicted
- Το επίπεδο του αλγορίθμου που πραγματοποίησε την εκτίμηση depth
- Η βαθμολόγηση accuracy της εκτίμησης
- Η χρονοσφραγίδα stamp της εκτίμησης

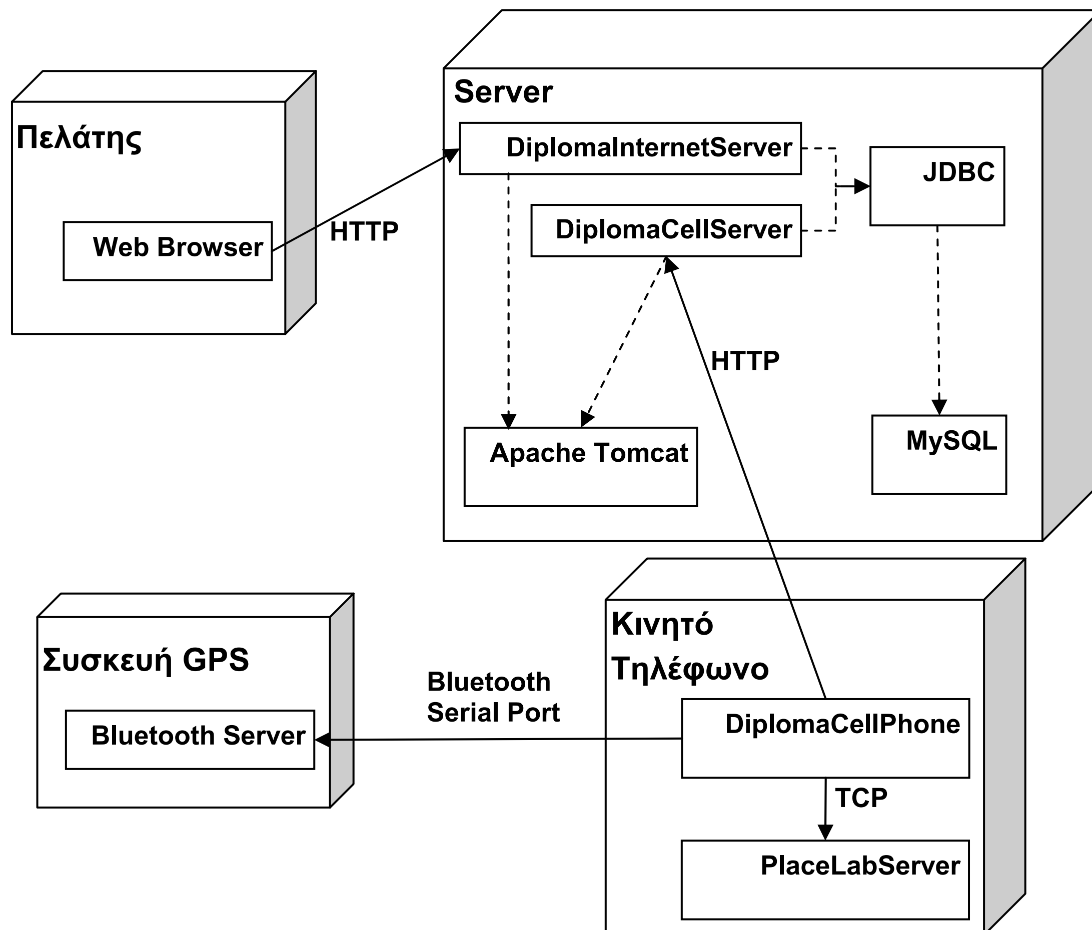
- Ο μετρητής countersincechange που αποθηκεύει πόσες επαναλήψεις έγιναν από την τελευταία αλλαγή κυψέλης
- Και η Boolean μεταβλητή nolevel1, που χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του επιπέδου 1

Πάνω στο πρωτεύον κλειδί uid έχει δημιουργηθεί ευρετήριο.

4.2.7 Πλατφορμική Όψη

Σε αυτήν την όψη φαίνονται όλες οι συσκευές που αποτελούν την υλισμική πλατφόρμα της διπλωματικής. Το σύστημα αποτελείται από το κινητό τηλέφωνο του χρήστη, τη συσκευή GPS αν γίνεται χαρτογράφηση, τον εξυπηρετητή και τον πελάτη. Στο server θα εκτελούνται ταυτόχρονα τόσο ο DiplomaCellServer, όσο και ο DiplomaInternetServer επί του Apache Tomcat Server, οι οποίοι θα προσπελαύνουν ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Η εφαρμογή DiplomaCentral μπορεί να τρέξει τόσο από τον server, όσο και από οποιονδήποτε πελάτη – υπολογιστή. Η σύνδεση μεταξύ των πελατών και του DiplomaInternetServer θα γίνεται μέσω HTTP, όπως και η σύνδεση μεταξύ DiplomaCellServer και DiplomaCellPhone. Αντίθετα, η σύνδεση μεταξύ DiplomaCellPhone και PlacelabServer γίνεται απ’ ευθείας μέσω TCP. Τέλος, το κινητό τηλέφωνο του χρήστη συνδέεται με τη συσκευή Bluetooth GPS μέσω σειριακής θύρας πάνω από την σύνδεση Bluetooth.

Η συγκεκριμένη όψη δίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Πλατφορμική Όψη της Διπλωματικής Εργασίας

4.3 Λεπτομέρειες υλοποίησης

Ακολουθεί η ανάλυση των APIs όλων των δημόσιων κλάσεων που δημιουργήθηκαν, για όλες τις εφαρμογές, καθώς και όλων των JSP σελίδων.

4.3.1 Package DiplomaCellPhone.GPS

Το πακέτο αυτό επιτρέπει σε μία εφαρμογή τη σύνδεση μέσω Bluetooth με συσκευή GPS. Οι κλάσεις του πακέτου αναλαμβάνουν το συνεχές polling της συσκευής GPS, το parsing των δεδομένων που λαμβάνονται και επιστρέφουν την μέτρηση GPS σε επεξεργάσιμη μορφή.

Απαιτείται η ύπαρξη των πακέτων

1. DiplomaCellPhone.utils και
2. DiplomaCellPhone.utils.connectors.

Ακολουθούν οι δημόσια ορατές κλάσεις του συστήματος.

4.3.1.1 Class Degree

Αποθηκεύει τις μοίρες (γεωγραφικό πλάτος ή γεωγραφικό μήκος). Οι μοίρες αποθηκεύονται ως ακέραιος αριθμός και τα λεπτά ως αριθμός απλής ακρίβειας. Η κατεύθυνση αποθηκεύεται ως ένα από τους ακόλουθους χαρακτήρες: ‘I’ για άκυρα δεδομένα, ‘E’ για ανατολικά, ‘W’ για δυτικά, ‘N’ για βόρεια, ‘S’ για νότια.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public Degree()`

     Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.

  2. `public Degree(String str)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση το όρισμα str.

     - **Όρισμα:**
       - Το str πρέπει να είναι στην μορφή DDMM.MMMM ή DDDMM.MMMM, όπου D είναι οι μοίρες και M τα λεπτά. Η μορφή του str είναι η ίδια με την μορφή που αποστέλλονται οι μοίρες από τη συσκευή GPS.
     - **Εγείρει:**
       1. `NumberFormatException`: όταν η μορφή του str δεν είναι αποδεκτή

- **Μέθοδοι:**

  1. `public void setDegree(java.lang.String str)`

     Επαναρχικοποιεί όλη την κλάση με βάση το str, εκτελώντας τις ίδιες λειτουργίες με τον κατασκευαστή `public Degree(String str)`.

     - **Όρισμα:**
       - Το str σε όμοια μορφή με αυτή του κατασκευαστή `public Degree(String str)`.
     - **Εγείρει:**
       1. `NumberFormatException`: όταν η μορφή του str δεν είναι αποδεκτή

  2. `public String toString()`

- **Επιστρέφει:**

  Μία String αναπαράσταση της κλάσης. Η μορφή της απάντησης θα είναι η ακόλουθη: (D)DD,MM.MMMM,{'N', 'S', 'E', 'W', 'I'}.

- **Υπερβαίνει:**

  Την μέθοδο `toString` της κλάσης `Object`.

3. `public int getDeg()`
   - **Επιστρέφει:**

     Τις ακέραιες μοίρες

4. `public void setDeg(int deg)`
   - **Όρισμα:**
     - deg: η νέα τιμή για το πεδίο deg

5. `public float getMin()`
   - **Επιστρέφει:**

     Τα λεπτά της μοίρας

6. `public void setMin (float min)`
   - **Όρισμα:**
     - min: η νέα τιμή για το πεδίο min

7. `public float getDirection()`
   - **Επιστρέφει:**

     Την κατεύθυνση κίνησης

8. `public void setDirection (char direction)`
   - **Όρισμα:**
     - direction: η νέα τιμή για το πεδίο direction

9. `public void setDirection (String direction)`
   - **Όρισμα:**
     - direction: η νέα τιμή για το πεδίο direction σε μορφή String. Ο πρώτος χαρακτήρας λαμβάνεται υπ’ όψιν.

4.3.1.2 Class Coordinates

Περιλαμβάνει το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της συντεταγμένης.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**
    1. `public Coordinates ()`

       Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.
    2. `public Coordinates (Degree Latitude, Degree Longitude)`

       Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα:
        - **Όρισμα:**
            - Latitude: το γεωγραφικό πλάτος
            - Longitude: το γεωγραφικό μήκος
- **Μέθοδοι:**
    1. `public String toString()`
        - **Επιστρέφει:**

          Μία String αναπαράσταση της κλάσης. Η μορφή της απάντησης θα είναι η ακόλουθη:

          `Latitude.toString() + "," + Longitude.toString()`
        - **Υπερβαίνει:**

          Την μέθοδο `toString` της κλάσης `Object`.
    2. `public Degree getLatitude ()`
        - **Επιστρέφει:**

          Το γεωγραφικό πλάτος
    3. `public void setLatitude (Degree Latitude)`
        - **Όρισμα:**
            - `Latitude`: Το γεωγραφικό πλάτος
    4. `public Degree getLongitude ()`
        - **Επιστρέφει:**

          Το γεωγραφικό μήκος
    5. `public void setLongitude (Degree Longitude)`
        - **Όρισμα:**
            - `Latitude`: Το γεωγραφικό μήκος.

4.3.1.3 Class GPSMeasurement

Περιλαμβάνει μία μέτρηση GPS.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public GPSMeasurement ()`

     Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.

- **Μέθοδοι:**

  1. `public DiplomaCellPhone.utils.Date getDate ()`
     - **Επιστρέφει:**

       Την ημερομηνία GMT που έγινε η μέτρηση
  2. `public void setDate (DiplomaCellPhone.utils.Date date)`
     - **Όρισμα:**
       - `date`: Η ημερομηνία της μέτρησης
  3. `public DiplomaCellPhone.utils.Time getTime ()`
     - **Επιστρέφει:**

       Την ώρα GMT που έγινε η μέτρηση
  4. `public void setDate (DiplomaCellPhone.utils.Time time)`
     - **Όρισμα:**
       - `time`: Η ώρα της μέτρησης
  5. `public float getSpeed()`
     - **Επιστρέφει:**

       Την ταχύτητα κίνησης σε σε χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h).
  6. `public void setSpeed (float speed)`
     - **Όρισμα:**
       - `speed`: Η ταχύτητα κίνησης σε χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h).
  7. `public float getCourse()`
     - **Επιστρέφει:**

       Την γωνία κίνησης σε μοίρες.
  8. `public void setCourse (float course)`
     - **Όρισμα:**
       - `course`: Η γωνία κίνησης σε μοίρες
  9. `public Coordinates getCoordinates ()`
     - **Επιστρέφει:**

Τις GPS συντεταγμένες του σημείου που έγινε η μέτρηση.

10. `public void setCoordinates (Coordinates coordinates)`
    - **Όρισμα:**
        - `coordinates`: Οι GPS συντεταγμένες του σημείου.

4.3.1.4 Class GPSListener

Η κύρια κλάση του πακέτου. Αναλαμβάνει την σύνδεση με την συσκευή GPS, το συνεχές polling της σύνδεσης και το parsing των δεδομένων.

- **Υλοποιεί:**
    1. `Interface Runnable.`
- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.
- **Κατασκευαστές:**
    1. `public GPSListener(String url, int port)`

       Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα:
        - **Όρισμα:**
            - url: Η φυσική διεύθυνση της συσκευής GPS.
            - port: Η θύρα προορισμού (συνήθως η τιμή 1)
- **Μέθοδοι:**
    1. `public void start()`

       Εκκινεί τον Listener και ενεργοποιεί την Bluetooth σύνδεση.
        - **Εγείρει:**
            - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση Bluetooth.
            - `SecurityException`: αν ο χρήστης αρνηθεί να εγκρίνει την σύνδεση GPS.
        - **Παρατήρηση:**

          Ο κατασκευαστής είναι χρονοβόρος, αφού η εγκατάσταση της σύνδεσης GPS απαιτεί αρκετά δευτερόλεπτα. Δεν πρέπει να καλείται από ρουτίνες οι οποίες απαιτούν την άμεση επιστροφή (παράδειγμα η CommandAction).
    2. `public void stop()`

Απενεργοποιεί τον Listener, και απολύει την σύνδεση Bluetooth.

3. `public void run()`

   Κύρια μέθοδος του νήματος.

   - **Προσδιορίζεται από :**

     `Interface Runnable`

   - **Παρατήρηση:**

     Να μην καλείται απ’ ευθείας από εξωτερική μέθοδο. Την κλήση αυτής της μεθόδου την αναλαμβάνει η μέθοδος start, η οποία και πρέπει να καλείται από εξωτερική κλάση

4. `public GPSMeasurement getGpsMeasurement()`

   - **Επιστρέφει:**

     Την τελευταία GPS μέτρηση που πραγματοποιήθηκε.

   - **Εγείρει:**

     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση Bluetooth.
     - `GPSSignalNotAcquiredException`: αν η συσκευή GPS αδυνατεί να εκτιμήσει την θέση της στο χώρο.

4.3.1.5 Class GpsAttacher

Όπως αναφέρθηκε, η μέθοδος start της κλάσης GPSListener είναι χρονοβόρα, και δεν πρέπει να καλείται απ’ ευθείας από ρουτίνες που πρέπει να επιστρέφουν αμέσως. Αυτή η κλάση δίνει μία βολική λύση σε αυτό το πρόβλημα: αναλαμβάνει την εκτέλεση της μεθόδου start, και επιστρέφει το αποτέλεσμα σε έναν CommandListener.

- **Υλοποιεί:**

  1. `Interface Runnable.`

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public GpsAttacher(GPSListener gps, javax.microedition.lcdui.CommandListener callBack, javax.microedition.lcdui.Displayable currentDisplayable)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα:

     - **Όρισμα:**

- `gps`: Στιγμιότυπο της κλάσης GPSListener το οποίο πρέπει να εκκινηθεί.
- `callBack`: ο CommandListener που πρέπει να ενημερωθεί για το αποτέλεσμα της μεθόδου start. O callBack θα πρέπει να προσέχει για εντολές με ετικέτα:
    - attachergpson: σε περίπτωση επιτυχούς διασύνδεσης,
    - attachergpsfailed: σε περίπτωση αποτυχίας.
- `currentDisplayable`: Η τρέχουσα οθόνης της εφαρμογής. Η οθόνη δεν πρόκειται να ενημερωθεί, αλλά Απαιτείται μόνο για την εκτέλεση της μεθόδου `callBack.commandAction()`.

2. `public void start()`

    Εκκινεί τον Attacher.

3. `public void run()`

    Κύρια μέθοδος του νήματος, η οποία θα επιχειρήσει το `gps.start()`.

    - **Προσδιορίζεται από :**

        `Interface Runnable`

    - **Παρατήρηση:**

        Να μην καλείται απ' ευθείας από εξωτερική μέθοδο. Την κλήση αυτής της μεθόδου την αναλαμβάνει η μέθοδος start, η οποία και πρέπει να καλείται από εξωτερική κλάση

4.3.1.6 Exception GPSSignalNotAcquiredException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν ζητείται η τρέχουσα μέτρηση GPS, και η συσκευή GPS αδυνατεί να δώσει τέτοια εκτίμηση.

4.3.1.7 Exception UnsupportedFormatException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν λόγω κάποιου εσωτερικού σφάλματος η πρόταση δεν είναι αναγνωρίσιμη από τον parser.

4.3.2 Package DiplomaCellPhone.GSM

Το πακέτο αυτό επιτρέπει σε μία εφαρμογή την σύνδεση μέσω του 127.0.0.1 loopback με τον native C++ server. Οι κλάσεις του πακέτου αναλαμβάνουν polling του server σε τακτά χρονικά διαστήματα, και επιστρέφουν την μέτρηση σε επεξεργάσιμη μορφή

Απαιτείται η ύπαρξη των πακέτων

3. DiplomaCellPhone.utils και
4. DiplomaCellPhone.utils.connectors.

Ακολουθούν οι δημόσια ορατές κλάσεις του συστήματος.

4.3.2.1 Class CGI

Αποθηκεύει το μοναδικό αναγνωριστικό κωδικό (CGI) της συνδεδεμένης κυψέλης

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public CGI()`

     Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.

  2. `public CGI (int cellID, int LAC, int MNC, int MCC)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα

     - **Όρισμα:**
       - `cellID:` Ο κωδικός της κυψέλης (τμήμα του μοναδικού κωδικού της κυψέλης)
       - `LAC:` Ο κωδικός περιοχής (Location Area Code)
       - `MNC:` Ο κωδικός παρόχου (Mobile Network Code)
       - `MCC:` Ο κωδικός χώρας (Mobile Country Code)

- **Μέθοδοι:**

  1. `public void equals(CGI anotherCGI)`

     Συγκρίνει 2 κυψέλες μεταξύ τους.

     - **Όρισμα:**
       - `anotherCGI`: Η κυψέλη με την οποία γίνεται η σύγκριση.
     - **Επιστρέφει:**

       True αν η σύγκριση ήταν επιτυχής, false σε αντίθετη περίπτωση.

2. `public String toString()`
    - **Επιστρέφει:**

      Μία String αναπαράσταση της κλάσης. Η μορφή της απάντησης θα είναι η ακόλουθη: `CellId,LAC,MNC,MCC` χωρίς ενδιάμεσα κενά.
    - **Υπερβαίνει:**

      Την μέθοδο `toString` της κλάσης `Object`.
3. `public int getCellID()`
    - **Επιστρέφει:**

      Τον κωδικό της κυψέλης (να μην συγχέεται με το μοναδικό αναγνωριστικό).
4. `public void setCellID (int cellID)`
    - **Όρισμα:**
        - `cellID`: Ο κωδικός της κυψέλης
5. `public int getLAC()`
    - **Επιστρέφει:**

      Τον κωδικό περιοχής.
6. `public void setLAC (int LAC)`
    - **Όρισμα:**
        - `LAC`: Ο κωδικός περιοχής.
7. `public int getMNC()`
    - **Επιστρέφει:**

      Τον κωδικό παρόχου.
8. `public void setMNC (int MNC)`
    - **Όρισμα:**
        - `MNC`: Ο κωδικός παρόχου.
9. `public int getMCC()`
    - **Επιστρέφει:**

      Τον κωδικό χώρας.
10. `public void setMCC (int MCC)`
    - **Όρισμα:**
        - `MNC`: Ο κωδικός χώρας.

4.3.2.2 Class GSMMeasurement

Η κλάση αυτή αποθηκεύει μία μέτρηση GSM, που αποτελείται από το CGI της συνδεδεμένης κυψέλης και την καταγεγραμμένη ισχύ σε dBm. Προσοχή, τα dBm αποθηκεύονται ως θετικός αριθμός.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public GSMMeasurement()`

     Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.

  2. `public GSMMeasurement (CGI cgi, int dBm)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα.

     - `CGI:` Η κλάση που αναπαριστά την συνδεδεμένη κυψέλη.
     - `dBm:` Η λαμβανόμενη ισχύς

  3. `public GSMMeasurement (int cellID, int LAC, int MNC, int MCC, int dBm)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα.

     - **Όρισμα:**
       - `cellID:` Ο κωδικός της κυψέλης (τμήμα του μοναδικού κωδικού της κυψέλης)
       - `LAC:` Ο κωδικός περιοχής (Location Area Code)
       - `MNC:` Ο κωδικός παρόχου (Mobile Network Code)
       - `MCC:` Ο κωδικός χώρας (Mobile Country Code)
       - `dBm:` Η λαμβανόμενη ισχύς

- **Μέθοδοι:**

  1. `public String toString()`

     - **Επιστρέφει:**

       Μία String αναπαράσταση της κλάσης. Η μορφή της απάντησης θα είναι η ακόλουθη: `CGI.toString(),dBm` χωρίς ενδιάμεσα κενά.

     - **Υπερβαίνει:**

       Την μέθοδο `toString` της κλάσης `Object`.

  2. `public CGI getCGI()`

     - **Επιστρέφει:**

Την κλάση – μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης

3. `public void setCGI (int CGI)`
    - **Όρισμα:**
        - `CGI`: Η κλάση – μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης

4. `public int getDBm()`
    - **Επιστρέφει:**

      Την ισχύ του σήματος ως θετικός αριθμός

5. `public void setDBm (int dBm)`
    - **Όρισμα:**
        - `dBm`: Η ισχύς του σήματος

4.3.2.3 Class GSMListener

Η κύρια κλάση του πακέτου. Αναλαμβάνει την σύνδεση με το server, το polling σε τακτά χρονικά διαστήματα και το parsing της απάντησης.

- **Υλοποιεί:**
    1. `Interface Runnable.`
- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.
- **Κατασκευαστές:**
    1. `public GSMListener(int port)`

       Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα:
        - **Όρισμα:**
            - port: Η θύρα προορισμού στην οποία είναι συνδεδεμένος ο native server.
- **Μέθοδοι:**
    1. `public void start()`

       Εκκινεί τον Listener.
    2. `public void stop()`

       Απενεργοποιεί τον Listener, και απολύει την σύνδεση.
    3. `public void run()`

       Κύρια μέθοδος του νήματος.
        - **Προσδιορίζεται από :**

`Interface Runnable`

- **Παρατήρηση:**

  Να μην καλείται απ’ ευθείας από εξωτερική μέθοδο. Την κλήση αυτής της μεθόδου την αναλαμβάνει η μέθοδος start, η οποία και πρέπει να καλείται από εξωτερική κλάση.

4. `public GSMMeasurement getGsmMeasurement()`

   - **Επιστρέφει:**

     Την τελευταία GSM μέτρηση που πραγματοποιήθηκε.

   - **Εγείρει:**

     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση.
     - `GSMNetworkUnavailableException`: αν το κινητό τηλέφωνο δεν είναι συνδεδεμένο σε καμία κυψέλη.

- **Στατικές Μέθοδοι:**

1. `public static int getSLEEPFOR()`

   - **Επιστρέφει:**

     Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο ενημερώσεων της μέτρησης GSM.

2. `public void setSLEEPFOR (int aSLEEPFOR)`

   - **Όρισμα:**

     - `aSLEEPFOR`: Η νέα τιμή του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ δύο ενημερώσεων της μέτρησης GSM.

4.3.2.4 Exception GSMNetworkUnavailableException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν ζητείται η τρέχουσα μέτρηση GSM, και το κινητό τηλέφωνο δεν είναι συνδεδεμένο σε καμία κυψέλη. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε όταν το κινητό είναι εκτός δικτύου, είτε όταν η συσκευή είναι σε ασφαλή για πτήση περίπτωση λειτουργίας, όπου το σύστημα κινητής τηλεφωνίας αποσυνδέεται, αλλά η συσκευή εξακολουθεί να δουλεύει.

4.3.2.5 Exception UnsupportedFormatException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν ο συνδεδεμένος server στέλνει απάντηση άκυρης μορφής.

4.3.3 *Package DiplomaCellPhone.InternetPredictor*

Το πακέτο αυτό αναλαμβάνει την σύνδεση με τον διαδικτυακό εξυπηρετητή. Μεταφέρει τα δεδομένα μέσω GPRS στο DiplomaCellServer και επιστρέφει την εκτίμηση σε όποιον τον καλέσει.

Απαιτείται η ύπαρξη των πακέτων

5. DiplomaCellPhone.utils και
6. DiplomaCellPhone.utils.connectors.

Ακολουθούν οι δημόσια ορατές κλάσεις του συστήματος.

4.3.3.1 Class InternetCoordinates

Η κλάση αυτή αποθηκεύει τις συντεταγμένες τις εκτίμησης ως 2 προσημασμένους αριθμούς κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public InternetCoordinates()`

     Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.

  2. `public InternetCoordinates(float latitude, float longitude)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα

     - **Όρισμα:**
       - `latitude:` Το γεωγραφικό πλάτος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
       - `longitude:` Το γεωγραφικό μήκος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας

- **Μέθοδοι:**

  1. `public String toString()`

     - **Επιστρέφει:**

       Μία String αναπαράσταση της κλάσης. Η μορφή της απάντησης θα είναι η ακόλουθη: `latitude,longitude` χωρίς ενδιάμεσα κενά.

     - **Υπερβαίνει:**

Την μέθοδο `toString` της κλάσης `Object`.

2. `public float getLatitude()`
   - **Επιστρέφει:**

     Το γεωγραφικό πλάτος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
3. `public void setLatitude (float latitude)`
   - **Όρισμα:**
     - `latitude`: Το νέο γεωγραφικό πλάτος του σημείου ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
4. `public float getLongitude()`
   - **Επιστρέφει:**

     Το γεωγραφικό μήκος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
5. `public void setLongitude (float longitude)`
   - **Όρισμα:**
     - `longitude`: Το νέο γεωγραφικό μήκος του σημείου ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας

4.3.3.2 Class InternetPredictor

Η κύρια κλάση του πακέτου. Αναλαμβάνει την σύνδεση και την εξαγωγή της εκτίμησης. Πρέπει να τονισθεί ότι όλες οι ρουτίνες αυτής της κλάσης είναι χρονοβόρες και δεν πρέπει να καλούνται από ρουτίνες που πρέπει να επιστρέφουν αμέσως.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.
- **Κατασκευαστές:**

  1. `public InternetPredictor(String base, String user, int pass)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα
     - **Όρισμα:**
       - `base`: Η διεύθυνση που βρίσκεται ο απομακρυσμένος διακομιστής.

Παράδειγμα: 147.102.12.15:8080/DiplomaCellPhone

- `user:` Ο κωδικός χρήστη (login).
- `pass:` Ο κωδικός πρόσβασης (password).

- **Μέθοδοι:**

1. `public void setVisible (Boolean visible)`

   Καθορίζει αν ο χρήστης θα είναι ορατός σε τρίτους χρήστες που έχει ήδη εξουσιοδοτήσει.

   - **Όρισμα:**
     - `visible`: True αν ο χρήστης επιθυμεί να είναι ορατός, false σε αντίθετη περίπτωση

2. `public boolean verifyLogin()`

   Συνδέεται με τον server και επαληθεύει τον κωδικό χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης

   - **Επιστρέφει:**

     True, αν η επαλήθευση είναι επιτυχής και υπάρχει τέτοιος χρήστης στο σύστημα

   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση http.
     - `InternalServerErrorException`: αν ο διακομιστής αντιμετωπίσει κάποιο εσωτερικό σφάλμα.
     - `LoginFailedException`: αν ο διακομιστής δεν αποδεχθεί το login και το password που παρείχε ο χρήστης.

   - **Παρατήρηση:**

     Η ρουτίνα αυτή είναι χρονοβόρα, αφού απαιτούνται αρκετά second για την εγκατάσταση της http σύνδεσης. Συνεπώς δεν πρέπει να καλείται από ρουτίνες που πρέπει να επιστρέφουν άμεσα.

3. `public InternetCoordinates getPredictedCoordinates(`
   `GSMMeasurement gsm)`

   Συνδέεται με τον server αποστέλλει την τρέχουσα μέτρηση gsm και επιστρέφει την εκτίμηση που έδωσε ο διακομιστής.

   - **Επιστρέφει:**

Την εκτίμηση για την τρέχουσα θέση του χρήστη

- **Εγείρει:**
  - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση http.
  - `PredictionFailedException`: αν ο διακομιστής αδυνατεί να δώσει εκτίμηση για την θέση του χρήστη.
  - `InternalServerErrorException`: αν ο διακομιστής αντιμετωπίσει κάποιο εσωτερικό σφάλμα.
  - `LoginFailedException`: αν ο διακομιστής δεν αποδεχθεί το login και το password που παρείχε ο χρήστης.
- **Παρατήρηση:**

  Η ρουτίνα αυτή είναι χρονοβόρα, αφού απαιτούνται αρκετά second για την εγκατάσταση της http σύνδεσης. Συνεπώς δεν πρέπει να καλείται από ρουτίνες που πρέπει να επιστρέφουν άμεσα.

4.3.3.3 Class InternetAttacher

Επειδή η ρουτίνα verifyLogin( ) του InternetPredictor απαιτεί αρκετά δευτερόλεπτα για να επιστρέψει, δεν πρέπει να καλείται από μεθόδους όπως η CommandAction που απαιτούν να επιστρέφουν αμέσως. Για αυτόν το λόγο δημιουργήθηκε αυτή η κλάση που δημιουργεί ένα νέο νήμα μόνο για την εκτέλεση της verifyLogin. Με την ολοκλήρωση της verifyLogin το νήμα ενημερώνει ένα CommandListener για το αποτέλεσμα της εκτέλεσης και τερματίζει το νήμα.

- **Υλοποιεί:**
  1. `Interface Runnable.`
- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.
- **Κατασκευαστές:**
  1. `public InternetAttacher(InternetPredictor internet, javax.microedition.lcdui.CommandListener callBack, javax.microedition.lcdui.Displayable currentDisplayable)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα:
     - **Όρισμα:**

- `internet`: Στιγμιότυπο της κλάσης `InternetPredictor` το οποίο πρέπει να εκτελέσει την `verifyLogin()`.
- `callBack`: ο CommandListener που πρέπει να ενημερωθεί για το αποτέλεσμα της μεθόδου start. O callBack θα πρέπει να προσέχει για εντολές με ετικέτα:
  - attacherinterneton: σε περίπτωση επιτυχούς login,
  - attacherinternalerror: σε περίπτωση εσωτερικού σφάλματος στον διακομιστή.
  - attacherloginfailed: σε περίπτωση που το σύστημα δεν αποδέχτηκε τον κωδικό χρήστη και τον κωδικό πρόσβαση,
  - attacherIO: σε περίπτωση που η σύνδεση Http εγείρει εξαίρεση IO.
- `currentDisplayable`: Η τρέχουσα οθόνης της εφαρμογής. Η οθόνη δεν πρόκειται να ενημερωθεί, αλλά Απαιτείται μόνο για την εκτέλεση της μεθόδου `callBack.commandAction()`.

2. `public void start()`

   Εκκινεί τον Attacher.

3. `public void run()`

   Κύρια μέθοδος του νήματος, η οποία θα επιχειρήσει το `internet.start()`.

   - **Προσδιορίζεται από :**

     `Interface Runnable`

   - **Παρατήρηση:**

     Να μην καλείται απ' ευθείας από εξωτερική μέθοδο. Την κλήση αυτής της μεθόδου την αναλαμβάνει η μέθοδος start, η οποία και πρέπει να καλείται από εξωτερική κλάση

4.3.3.4 Exception InternalServerErrorException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν ο κωδικός της απάντησης από τον server είναι 500: Εσωτερικό σφάλμα στον εξυπηρετητή. Προκαλείται όταν

4.3.3.5 Exception LoginFailedException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν ο κωδικός της απάντησης από τον server είναι 403: Απαγορεύεται. Προκαλείται όταν ο κωδικός χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης δεν έγιναν αποδεκτά από το σύστημα.

4.3.3.6 Exception PredictionFailedException

Η εξαίρεση εγείρεται όταν ο συνδεδεμένος server απαντήσει ότι αδυνατεί να προχωρήσει σε εκτίμηση για την τρέχουσα θέση του τηλεφώνου.

4.3.4 Package DiplomaCellPhone.utils

Σε αυτό το πακέτο βρίσκονται διάφορες κλάσεις οι οποίες απαιτούνται σε διάφορα άλλα πακέτα. Προσφέρουν λειτουργικότητα που δεν υπάρχει εγγενώς από τα MIDlets.

4.3.4.1 Class StringUtil

Η κλάση αυτή αναλαμβάνει τον τεμαχισμό ενός string σε tokens. Η οριοθέτηση γίνεται με βάση κάποιον delimiter. Ο delimiter δεν επιστρέφεται ως token. Μεταξύ δύο διαδοχικών delimiters υπάρχει ένα κενό String "".

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public StringUtil()`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση.

- **Μέθοδοι:**

  1. `public void initialize()`

     Αρχικοποιεί όλες τις εσωτερικές μεταβλητές της κλάσεις. Πρέπει να καλείται κάθε φορά που θέλουμε να ξαναχρησιμοποιήσουμε την ίδια κλάση για διαφορετικό String.

  2. `public void numTokens()`

     - **Επιστρέφει:**

       Τον αριθμό των tokens που περιέχει το δοθέν string.

3. `public String getToken()`

   ▪ **Επιστρέφει:**

     Το επόμενο token του buffer ή null αν ο buffer ισούται με null. Ο εσωτερικός δείκτης μετακινείται και δείχνει στην αρχή του επόμενου token. Δεν υπάρχει δυνατότητα να οπισθοχωρήσουμε τον εσωτερικό δείκτη.

4. `public String getBuffer()`

   ▪ **Επιστρέφει:**

     Τον buffer που έχει αποθηκευτεί εσωτερικά στην κλάση.

5. `public void setBuffer (String buffer)`

   Αρχικοποιεί την κλάση και θέτει τον buffer.

   ▪ **Όρισμα:**

     - `buffer`: Η νέα τιμή του εσωτερικού buffer της κλάσης.

6. `public String getDelimiter()`

   ▪ **Επιστρέφει:**

     Το string που χρησιμοποιείται για την οριοθέτηση των tokens.

7. `public void setDelimiter (String delimiter)`

   ▪ **Όρισμα:**

     - `delimiter`: Το νέο string που θα χρησιμοποιείται για την οριοθέτηση.

4.3.4.2 Class Alerter

Η κλάση χρησιμοποιείται για την εύκολη προβολή ενός μηνύματος στον χρήστη.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public Alerter(String title, String message, javax.microedition.lcdui.AlertType type, int timeout, javax.microedition.lcdui.Display display, javax.microedition.lcdui.Displayable nextDisplayable)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση.

     ▪ **Όρισμα:**

- `title`: Ο τίτλος του μηνύματος.
- `message`: Το κυρίως σώμα του μηνύματος.
- `timeout`: Η χρονική διάρκεια του μηνύματος σε ms. Πρέπει να είναι θετικός αριθμός. Αν θέλουμε να παραμείνει μέχρι ο χρήστης να το εξαφανίσει μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή Alert.FOREVER.
- `display`: Η οθόνη που πρέπει να εμφανίσει το μήνυμα.
- `nextDisplayable`: Το στοιχείο που πρέπει να εμφανιστεί μετά το πέρας του μηνύματος.

2. `public Alerter(String title, String message, javax.microedition.lcdui.AlertType type, int timeout, javax.microedition.lcdui.Display display)`

   Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση. Είναι αντίστοιχος με τον προηγούμενο κατασκευαστή με την διαφορά ότι επιστρέφει στο στοιχείο που εμφανίζεται τώρα. Η κλήση αυτού του κατασκευαστή προκαλεί την κλήση:

   ```
   this(title, message, type, timeout, display,
   display.getCurrent());
   ```

- **Μέθοδοι:**

  Ουδέν.

4.3.4.3 Class Date

Η κλάση αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της ημερομηνίας. Δεν γίνεται κάποιος έλεγχος ορθής εισαγωγής δεδομένων.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public Date()`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με κενά ορίσματα.

  2. `public Date(String date)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.

     - **Όρισμα:**

- `date`: Η ημερομηνία ως string στην μορφή DDMMYY, όπως δίνεται από συσκευές GPS.

- **Μέθοδοι:**

1. `public String getDate()`
   - **Επιστρέφει:**

     Την ημερομηνία σε μορφή YY-MM-DD.
2. `public void setDate (String date)`

   Θέτει νέα τιμή στην ημερομηνία.
   - **Όρισμα:**
     - `date`: Η ημερομηνία ως string στην μορφή DDMMYY, όπως δίνεται από συσκευές GPS.
3. `public int getDay()`
   - **Επιστρέφει:**

     Την ημέρα.
4. `public void setDay (int day)`
   - **Όρισμα:**
     - `day`: Η ημέρα της ημερομηνία
5. `public int getMonth()`
   - **Επιστρέφει:**

     Τον μήνα του έτους.
6. `public void setMonth (int month)`
   - **Όρισμα:**
     - `month`: Ο μήνας του έτους
7. `public int getYear()`
   - **Επιστρέφει:**

     Το έτος.
8. `public void setYear (int year)`
   - **Όρισμα:**
     - `year`: Η νέα τιμή του έτους

4.3.4.4 *Class Time*

Η κλάση αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της ώρας. Δεν γίνεται κάποιος έλεγχος ορθής εισαγωγής δεδομένων.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public Time()`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με κενά ορίσματα.

  2. `public Time(String time)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.

     - **Όρισμα:**
       - `time`: Η ώρα ως string στην μορφή HHMMSS, όπως δίνεται από συσκευές GPS.

- **Μέθοδοι:**

  1. `public String getTime()`
     - **Επιστρέφει:**

       Την ώρα σε μορφή HH:MM:SS.

  2. `public void setTime(String time)`

     Θέτει νέα τιμή στην ημερομηνία.

     - **Όρισμα:**
       - `time`: Η ώρα ως string στην μορφή HHMMSS, όπως δίνεται από συσκευές GPS.

  3. `public int getHour()`
     - **Επιστρέφει:**

       Την ώρα.

  4. `public void setHour (int hour)`
     - **Όρισμα:**
       - `hour`: Η ώρα.

  5. `public int getMin()`
     - **Επιστρέφει:**

       Τα λεπτά της ώρας.

  6. `public void setMin (int min)`

  - **Όρισμα:**
    - `min`: Τα λεπτά της ώρας.

7. `public int getSec()`
  - **Επιστρέφει:**

    Τα δευτερόλεπτα.

8. `public void setSec (int sec)`
  - **Όρισμα:**
    - `sec`: Τα δευτερόλεπτα.

4.3.5 Package DiplomaCellPhone.utils.connectors

Το πακέτο αυτό περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες κλάσεις για την προσφορά διασύνδεσης χαμηλού επιπέδου.

4.3.5.1 Class GsmServerConnector

Η κλάση αυτή υλοποιεί την σύνδεση χαμηλού επιπέδου με τον native C++ server για την λήψη της μέτρησης GSM. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε σύνδεση στον localhost.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public GsmServerConnector(int port)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.
     - **Όρισμα:**
       - `port`: Η θύρα στην οποία ακούει ο native Server.

- **Μέθοδοι:**

  1. `public void connect()`

     Ανοίγει την σύνδεση tcp με τον server.
     - **Εγείρει:**
       - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση tcp.

  2. `public void disconnect()`

Απολύει την tcp σύνδεση με τον server.

3. `public void isConnected()`

   - **Επιστρέφει:**

     True αν έχει επιτευχθεί η σύνδεση με τον server, false σε αντίθετη περίπτωση.

4. `public void write(byte[] b)`

   Αποστέλλει τον πίνακα στον server

   - **Όρισμα:**
     - `b`: Ο πίνακας από bytes που πρέπει να σταλεί στον server.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση tcp.

5. `public void write(String s)`

   Αποστέλλει το string στον server.

   - **Όρισμα:**
     - `s`: Το string s προς αποστολή.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση tcp.

6. `public void getLine()`

   Διαβάζει μια γραμμή απάντησης από τον server.

   - **Επιστρέφει:**

     Την γραμμή που διάβασε, αφαιρώντας τον χαρακτήρα αλλαγής γραμμής.

4.3.5.2 Class BTGPSConnector

Κλάση χαμηλού επιπέδου για την υλοποίηση της διασύνδεσης Bluetooth ανάγνωσης μόνο (Read Only), χρησιμοποιώντας εικονική σειριακή θύρα πάνω από Bluetooth (Bluetooth Serial Port Protocol – BTSPP).

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν.

- **Κατασκευαστές:**

1. `public BTGPSConnector(String url)`

   Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.

   - **Όρισμα:**
     - `url`: Η διεύθυνση προορισμού. Το string πρέπει να είναι της μορφής "btspp://" + MAC Address + ":" + port, όπου port είναι η θύρα προορισμού (συνήθως 1) και MAC Address είναι η φυσική διεύθυνση της συσκευής Bluetooth (12 δεκαεξαδικά ψηφία).

- **Μέθοδοι:**

1. `public void connect()`

   Ανοίγει την σύνδεση btspp με την συσκευή Bluetooth. Η σύνδεση είναι τύπου ανάγνωσης μόνο.

   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση Bluetooth.

2. `public void disconnect()`

   Απολύει την σύνδεση.

3. `public void isConnected()`

   - **Επιστρέφει:**

     True αν έχει επιτευχθεί η σύνδεση, false σε αντίθετη περίπτωση.

4. `public void getLine()`

   Διαβάζει μια γραμμή από την συσκευή Bluetooth..

   - **Επιστρέφει:**

     Την γραμμή που διάβασε, αφαιρώντας τον χαρακτήρα αλλαγής γραμμής.

   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση τέτοιου τύπου από την σύνδεση Bluetooth.

4.3.5.3 Class FileWriter

Κλάση που υλοποιεί buffered εγγραφή σε αρχείο κειμένου.

- **Ορατά Πεδία:**

1. `static public int bufferSize`

   Το μέγεθος του buffer εξόδου. Συνιστάται να διατηρείται μικρότερο των 512 bytes, για να μην εγερθεί OutOfMemoryError.

2. `static public final String FileBase`

   Ο φάκελος αποθήκευσης των αρχείων.

- **Κατασκευαστές:**

1. `public FileWriter(String fileName)`

   Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.

   - **Όρισμα:**
     - `fileName`: Το όνομα του αρχείου. Αν το αρχείο δεν υπάρχει, δημιουργείται. Αν υπάρχει αποκόπτεται σε μηδενικό μήκος, σβήνοντας όλα τα υπάρχοντα δεδομένα του συστήματος.

- **Μέθοδοι:**

1. `public void openFile()`

   Ανοίγει το αρχείο και αρχικοποιεί όλα τα απαραίτητα ρεύματα δεδομένων.

   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν κάποια από τις εργασίες αποτύχει.

2. `public void closeFile()`

   Αδειάζει τον buffer, κλείνει το αρχείο και όλα τα απαραίτητα ρεύματα δεδομένων.

   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν επιχειρούμε το κλείσιμο αρχείου που δεν έχουμε ανοίξει.

3. `public void print(String s)`

   Γράφει το string s στο αρχείο.

   - **Όρισμα:**
     - `s`: Το string s για αποθήκευση.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση από τα ρεύματα δεδομένων.

4. `public void println(String s)`

Γράφει το string s μαζί με τον χαρακτήρα αλλαγής γραμμής στο αρχείο.

- **Όρισμα:**
  - `s`: Το string s για αποθήκευση.
- **Εγείρει:**
  - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση από τα ρεύματα δεδομένων.

5. `public void flush(boolean unconditional)`

   Ωθεί όλα τα δεδομένα του buffer στο αρχείο.

   - **Όρισμα:**
     - `unconditional`: Αν η σημαία είναι true υποδεικνύει την άμεση εκτέλεση της εργασίας. Αν είναι false, το άδειασμα του buffer θα γίνει μόνο αν το τρέχον μέγεθος του buffer είναι μεγαλύτερο ή ίσο του bufferSize.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν εγερθεί εξαίρεση από τα ρεύματα δεδομένων.

4.3.5.4 Class InternetConnector

Η κλάση αυτή εγκαθιστά σύνδεση TCP με απομακρυσμένο διακομιστή στο internet. Μόνο get αιτήσεις είναι δυνατές, ενώ οι post αιτήσεις δεν υλοποιούνται.

- **Ορατά Πεδία:**
  1. `protected java.io.DataInputStream reader`

     Το ρεύμα εισόδου που ανοίγεται για την λήψη της απάντησης από τον εξυπηρετητή. Δεν είναι δημόσια ορατό, παρά μόνο στους κληρονόμους της κλάσης.
- **Κατασκευαστές:**
  1. `public InternetConnector(String base)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.

     - **Όρισμα:**
       - `base`: Η διεύθυνση – βάση για όλες τις αιτήσεις που θα ακολουθήσουν. Η μορφή είναι

http://147.102.12.15:8080/DiplomaCellServer/. Προσέξτε το τελικό /.

- **Μέθοδοι:**

1. `public void connect(String requestString)`

   Ανοίγει http σύνδεση.

   - **Όρισμα:**
     - `requestString`: Η συγκεκριμένη σελίδα την οποία αιτούμαστε. Τα ορίσματα πρέπει να είναι ενσωματωμένα στο requestString.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν η http σύνδεση αποτύχει.

2. `public void close()`

   Απολύει την http σύνδεση.

3. `public String readNotEmptyLine()`

   Διαβάζει όλους τους χαρακτήρες από το ρεύμα εισόδου μέχρι να συναντήσει τον χαρακτήρα αλλαγής γραμμής. Αγνοεί όλες τις κενές γραμμές

   - **Επιστρέφει:**
     - Την μη κενή γραμμή που διάβασε
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν η http σύνδεση παρουσιάσει κάποιο σφάλμα.
     - `EOFException`: αν συναντηθεί το τέλος των δεδομένων εισόδου, χωρίς να διαβαστεί μη κενός χαρακτήρας.

4. `public void getResponseCode()`

   - **Επιστρέφει:**

     Το κωδικό της απάντησης.

5. `public void getLength()`

   - **Επιστρέφει:**

     Το μέγεθος των δεδομένων της απάντησης ή -1 αν αυτό δεν είναι γνωστό.

   - **Εγείρει:**

- `IOException`: αν η http σύνδεση παρουσιάσει κάποιο σφάλμα.

4.3.5.5 *Class GoogleConnector extends InternetConnector*

Η κλάση αυτή συνδέεται με το maps.google.com και λαμβάνει ένα χάρτη με κέντρο δοσμένες συντεταγμένες. Στο κέντρο εμφανίζεται και μια καρφιτσούλα. Παρέχεται η δυνατότητα μεγένθυσης και σμίκρυνσης της εικόνας

- **Επεκτείνει:**

  `InternetConnector`

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν

- **Κληρονομούμενα Πεδία:**

  `protected java.io.DataInputStream reader`

  από την κλάση `InternetConnector`

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public GoogleConnector(int width, int height)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση το δοθέν όρισμα.

     - **Όρισμα:**
       - `width`: Μήκος της εικόνας.
       - `height`: Ύψος της εικόνας.

- **Μέθοδοι:**

  1. `public void connect(float lat, float lon)`

     Συνδέεται με το maps.google.com και ζητάει χάρτη με κέντρο το σημείο που δίνεται.

     - **Όρισμα:**
       - `lat`: Το γεωγραφικό πλάτος του σημείου ως προσημασμένος αριθμός απλής ακρίβειας.
       - `lon`: Το γεωγραφικό μήκος του σημείου ως προσημασμένος αριθμός απλής ακρίβειας.
     - **Εγείρει:**
       - `IOException`: αν η http σύνδεση αποτύχει.

2. `public javax.microedition.lcdui.Image getImage()`
   - **Επιστρέφει:**
     - Τον χάρτη της περιοχής.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν η http σύνδεση αποτύχει.
3. `public boolean zoomIn()`

   Μεγεθύνει το χάρτη. Αυτή η μέθοδος δεν θα ανανεώσει την εικόνα. Πρέπει να ακολουθήσει κλήση στην `update()`.
   - **Επιστρέφει:**
     - True αν περαιτέρω μεγέθυνση είναι δυνατή, false σε αντίθετη περίπτωση.
4. `public boolean zoomOUT()`

   Σμικρύνει το χάρτη. Αυτή η μέθοδος δεν θα ανανεώσει την εικόνα. Πρέπει να ακολουθήσει κλήση στην `update()`.
   - **Επιστρέφει:**
     - True αν περαιτέρω σμίκρυνση είναι δυνατή, false σε αντίθετη περίπτωση.
5. `public void connect(float lat, float lon)`

   Ενημερώνει την εικόνα εσωτερικά. Για να ενημερωθεί η οθόνη θα πρέπει να κληθεί η `getImage()`.
   - **Εγείρει:**
     - `IOException`: αν η http σύνδεση αποτύχει.

4.3.6 Package DiplomaCellServer.Measurements

4.3.6.1 Class CGI

Αντίγραφο της κλάσης DiplomaCellPhone.GSM.CGI

4.3.6.2 Class GSMMeasurement

Αντίγραφο της κλάσης DiplomaCellPhone.GSM.GSMMeasurement

4.3.6.3 Class Coordinates

Η κλάση αυτή αποθηκεύει τις συντεταγμένες τις εκτίμησης, ως δύο προσημασμένους αριθμούς κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας.

- **Ορατά Πεδία:**
  1. `static int EarthDiameterKM`: Η διάμετρος της γης σε χιλιόμετρα.
  2. `static int EarthRadiusKM`: Η ακτίνα της γης σε χιλιόμετρα.
- **Κατασκευαστές:**
  1. `public Coordinates()`

     Κατασκευάζει την κλάση με μηδενικά ορίσματα.
  2. `public Coordinates(float latitude, float longitude)`

     Κατασκευάζει την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα
     - **Όρισμα:**
       - `latitude`: Το γεωγραφικό πλάτος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
       - `longitude`: Το γεωγραφικό μήκος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
- **Μέθοδοι:**
  1. `public float getLatitude()`
     - **Επιστρέφει:**

       Το γεωγραφικό πλάτος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
  2. `public void setLatitude (float latitude)`
     - **Όρισμα:**
       - `latitude`: Το νέο γεωγραφικό πλάτος του σημείου ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
  3. `public float getLongitude()`
     - **Επιστρέφει:**

       Το γεωγραφικό μήκος ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας
  4. `public void setLongitude (float longitude)`
     - **Όρισμα:**

- `longitude`: Το νέο γεωγραφικό μήκος του σημείου ως προσημασμένος αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας

5. `public double distanceNearMeter ( Coordinates anotherCoordinate)`

   Υπολογίζει την απόσταση μέγιστου κύκλου μεταξύ 2 σημείων.

   - **Όρισμα:**
     - `anotherCoordinate`: Το 2^o σημείο.
   - **Επιστρέφει:**

     Την απόσταση μέγιστου κύκλου μεταξύ 2 σημείων σε μέτρα.
   - **Εγείρει:**
     - `NullPointerException`: αν το `anotherCoordinate` είναι null.

6. `public double InitialBearingDegrees ( Coordinates anotherCoordinate)`

   Υπολογίζει την αρχική γωνία που σχηματίζεται μεταξύ 2 σημείων και του μεσημβρινού σε μοίρες.

   - **Όρισμα:**
     - `anotherCoordinate`: Το 2^o σημείο – τέλος του διανύσματος.
   - **Επιστρέφει:**

     Την αρχική γωνία που σχηματίζεται μεταξύ 2 σημείων και του μεσημβρινού σε μοίρες.
   - **Εγείρει:**
     - `NullPointerException`: αν το `anotherCoordinate` είναι null.

7. `public Coordinates destination (double distanceMeters, double initialBearingDegrees)`

   Υπολογίζει το σημείο προορισμού έχοντας γνωστή την γωνία και την απόσταση από το αρχικό σημείο.

   - **Όρισμα:**
     - `distanceMeters`: Η απόσταση που θα διανυθεί σε μέτρα.

- `initialBearingDegrees`: Η αρχική γωνία κίνησης ως προς τον μεσημβρινό.

- **Επιστρέφει:**

  Το σημείο προορισμού έχοντας γνωστή την γωνία και την απόσταση από το αρχικό σημείο.

4.3.7 Package DiplomaCellServer.Predictor

Το πακέτο αυτό αναλαμβάνει την εκτίμηση της θέσης του χρήστη και προφανώς είναι η καρδιά όλου του συστήματος.

4.3.7.1 Class Prediction

Πρόκειται για μία κλάση περιτύλιξης της εκτίμησης καθώς και διαφόρων μεταβλητών.

- **Ορατά Πεδία:**

  3. `public Coordinates calcCoord`: Οι εκτιμούμενες συντεταγμένες της θέσης του χρήστη.
  4. `public int accuracy`: Η βαθμολογία της εκτίμησης.
  5. `public int cgi`: Το μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης με την οποία το κινητό είναι συνδεδεμένο.
  6. `public int depth`: Το επίπεδο που πραγματοποίησε την εκτίμηση.

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public Prediction()`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με μηδενικές αρχικές τιμές.

  2. `public Prediction(Coordinates calcCoord, int accuracy, int cgi, int depth)`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα.

     - **Όρισμα:**

       - `calcCoord`: Οι εκτιμούμενες συντεταγμένες της θέσης του χρήστη.
       - `accuracy`: Η βαθμολογία της εκτίμησης.
       - `cgi`: Το μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης με την οποία το κινητό είναι συνδεδεμένο.

        - `depth`: Το επίπεδο που πραγματοποίησε την εκτίμηση.

    3. `public Prediction(float latitude, float longitude, int accuracy, int cgi, int depth)`

       Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση με βάση τα δοθέντα ορίσματα.

       - **Όρισμα:**
         - `latitude`: Το γεωγραφικό πλάτος της εκτιμούμενης θέσης του χρήστη.
         - `longitude`: Το γεωγραφικό μήκος της εκτιμούμενης θέσης του χρήστη.
         - `accuracy`: Η βαθμολογία της εκτίμησης.
         - `cgi`: Το μοναδικό αναγνωριστικό της κυψέλης με την οποία το κινητό είναι συνδεδεμένο.
         - `depth`: Το επίπεδο που πραγματοποίησε την εκτίμηση.

- **Μέθοδοι:**

  Ουδέν

4.3.7.2 Class Predictor

Η κλάση που πραγματοποιεί την εκτίμηση.

- **Ορατά Πεδία:**

  Ουδέν

- **Κατασκευαστές:**

  1. `public Predictor()`

     Κατασκευάζει και αρχικοποιεί την κλάση. Ζητάει από τον εξυπηρετητή σύνδεση με την βάση δεδομένων.

- **Μέθοδοι:**

  1. `public static int getMaximumPredictionDepth()`

     - **Επιστρέφει:**

       Το μέγιστο προσφερόμενο επίπεδο εκτίμησης.

  2. `public void setPredictionDepth(int predictionDepth)`

     - **Όρισμα:**
       - `predictionDepth`: Το αιτούμενο επίπεδο εκτίμησης.

- **Εγείρει:**
  - `IllegalArgumentException`: αν το `predictionDepth` είναι αρνητικός αριθμός ή μεγαλύτερος από το μέγιστο βάθος.

3. `public Prediction getPrediction (String gsm)`
   - **Όρισμα:**
     - `gsm`: Η κυψέλη και η ισχύς που βλέπει τώρα το κινητό σε μορφή CellID,LAC,MNC,MCC,dbm.
   - **Επιστρέφει:**

     Την εκτίμηση της θέσης του χρήστη.
   - **Εγείρει:**
     - `PredictionFailedException`: αν η εκτίμηση της θέσης είναι αδύνατη.
     - `SQLException`: αν η σύνδεση με την βάση δεδομένων παρουσιάσει κάποιο πρόβλημα.
     - `NullPointerException`: αν το gsm είναι null
4. `public void closeStatements()`

   Κλείνει την σύνδεση με την βάση δεδομένων και αποδεσμεύει όλους τους πόρους.
5. `public void finalize()`

   Κλείνει την σύνδεση με την βάση δεδομένων και αποδεσμεύει όλους τους πόρους.
   - **Υπερβαίνει:**

     Την `finalize()` της κλάσης Object.

4.3.7.3 Exception PredictionFailedException

Αυτή η εξαίρεση εγείρεται όταν είναι αδύνατη η εκτίμηση.

4.3.8 DiplomaCellServer

Το DiplomaCellServer δεν αποτελεί κάποια κλάση Java, αλλά πρόκειται για τις σελίδες στις οποίες επιχειρεί πρόσβαση το κινητό τηλέφωνο, όταν ο χρήστης του ζητήσει εκτίμηση. Το

κινητό τηλέφωνο θα υποβάλλει αίτημα τύπου get σε μία από τις ακόλουθες σελίδες και ο εξυπηρετητής θα αναλάβει να δώσει την αντίστοιχη απάντηση. Για λόγους ασφαλείας όλα τα ορίσματα που στέλνει το κινητό τηλέφωνο του χρήστη οδηγούνται είτε σε έλεγχο Regular Expression είτε ελέγχονται από την μέθοδο `Integer.parseInt()`, με σκοπό την προστασία από κακόβουλες ενέργειες τύπου sql injection.

Ακολουθούν οι δύο σελίδες του DiplomaCellPhone.

4.3.8.1 Σελίδα login.jsp

Η σελίδα login.jsp χρησιμοποιείται για την επαλήθευση του login και του password του χρήστη. Δέχεται 2 ορίσματα τα οποία είναι:

- u: ο κωδικός χρήστη (login)
- p: ο κωδικός πρόσβασης (password)

Μόλις λάβει τα ορίσματα τα οδηγεί σε έλεγχο regular expression. Αν ο έλεγχος αποτύχει στέλνει κατευθείαν απάντηση τύπου 403 HTTP Forbidden στον χρήστη και τερματίζει. Στην συνέχεια, αν ο έλεγχος regular expression ήταν επιτυχής, το jsp συνδέεται με τη βάση δεδομένων και αναζητεί στο πίνακα user το σύνολο (u, p). Εφόσον βρεθεί, επιστρέφει στο χρήστη απάντηση 200 HTTP OK και γράφει στο σώμα του κειμένου την φράση ***ok,true***. Σε περίπτωση που δεν βρεθεί τέτοια καταχώρηση στέλνει απάντηση τύπου 403 HTTP Forbidden.

4.3.8.2 Σελίδα position.jsp

Η σελίδα position.jsp αναλαμβάνει την εκτίμηση της θέσης του χρήστη, λαμβάνοντας από το φορητό τερματικό τη συνδεδεμένη κυψέλη και την ισχύ του σήματος. Επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα session στη σύνδεση με το κινητό τηλέφωνο, υποχρεούμαστε να στέλνουμε συνέχεια το login και το password. Τα ορίσματα που δέχεται είναι τα ακόλουθα:

- u: ο κωδικός χρήστη (login)
- p: ο κωδικός πρόσβασης (password)
- cid: String με τον κωδικό της κυψέλης και την ισχύ του σήματος. Η μορφή του string είναι CellID,LAC,MNC,MCC,dbm χωρίς κενά ανάμεσά τους.
- v: προαιρετικό όρισμα που καθορίζει αν ο χρήστης θα είναι ορατός σε τρίτους χρήστες που έχει εξουσιοδοτήσει. Εάν το v ισούται με t τότε ο χρήστης θα είναι ορατός, ενώ σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση ο χρήστης θα είναι αόρατος.

Καταρχήν γίνεται έλεγχος αντίστοιχος του login.jsp. Αν ο έλεγχος ήταν επιτυχής, ελέγχεται αν υπάρχει το όρισμα cid. Αν το όρισμα cid δεν υπάρχει τότε στέλνεται ο κωδικός λάθους Bad Request. Εφόσον το όρισμα υπάρχει, καλείται η μέθοδος Predictor.getPrediction για την λήψη της εκτίμησης.

Αν η εκτίμηση είναι δυνατή τότε γράφεται σαν αποτέλεσμα η φράση ***ok,latitude,longitude***. Σε περίπτωση που η εκτίμηση δεν ήταν εφικτή γράφεται ως απάντηση ***no, PredictionFailedException ,null***. Αν αντιμετωπισθεί κάποιο πρόβλημα, για παράδειγμα SQLException, τότε ο κωδικός της απάντησης θέτεται 500 HTTP Internal Server Error και γράφεται η φράση ***no,Exception,ex.toString()***.

Όλα τα μηνύματα είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομα με σκοπό την συμπίεση του κόστους ανταλλαγής των δεδομένων.

4.3.9 DiplomaInternetServer

Ο DiplomaInternetServer είναι ένα σύνολο από σελίδες jsp που απευθύνονται στους χρήστες που συνδέονται μέσω browser στο σύστημα. Οι σελίδες που φιλοξενεί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Στις δημόσια διαθέσιμες στο κοινό, στις οποίες μπορεί να περιηγηθεί ο οποιοσδήποτε
- Στις προστατευόμενες σελίδες, στις οποίες η πρόσβαση περιορίζεται στους εγγεγραμμένους χρήστες.

Πριν γίνει οποιαδήποτε πρόσβαση σε προστατευόμενη σελίδα, το σύστημα ελέγχει αν ο χρήστης έχει ήδη εισάγει τα στοιχεία του στο σύστημα. Αν ο χρήστης είναι συνδεδεμένος (logged on) τότε επιτρέπεται η πρόσβαση, ενώ σε αντίθετη περίπτωση ο χρήστης οδηγείται στην σελίδα που μπορεί να κάνει login.

Όπως και με το DiplomaCellServer, οποιοδήποτε όρισμα έχει εισαχθεί από τον χρήστη ελέγχεται με κανονικές εκφράσεις (regular expression), προστατεύοντας έτσι το σύστημα από τυχόν κακόβουλες ενέργειες.

Ακολουθεί ανάλυση των σημαντικότερων σελίδων που αναπτύχθηκαν.

4.3.9.1 Σελίδα index.jsp

Η σελίδα index.jsp είναι δημόσια διαθέσιμη στο κοινό, προσφέροντας υπερσυνδέσεις σε όλες τις δημόσιες σελίδες. Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ήδη συνδεθεί, η σελίδα index.jsp προσφέρει συνδέσεις και προς τις ιδιωτικές σελίδες του συστήματος.

4.3.9.2 Σελίδα login.jsp

Η σελίδα login.jsp εμφανίζει μια φόρμα που επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει τον κωδικό χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης για να συνδεθεί με το σύστημα. Μετά την υποβολή της φόρμας η σελίδα ελέγχει την ύπαρξη των στοιχείων στο σύστημα και εμφανίζει το αποτέλεσμα. Αν η σύνδεση ήταν επιτυχής, τότε επιτρέπεται πλέον η πρόσβαση και στις ιδιωτικές σελίδες.

4.3.9.3 Σελίδα logout.jsp

Μετά την ολοκλήρωση της συνεδρίας του, ο χρήστης μπορεί να αποσυνδεθεί από τη σελίδα logout.jsp. Η αποσύνδεση γίνεται αυτόματα και σε περίπτωση λήξης χρόνους, εφόσον η σύνδεση παραμένει ανενεργή για μεγάλο χρονικό διάστημα.

4.3.9.4 Σελίδα signup.jsp

Η δημόσια διαθέσιμη σελίδα signup.jsp επιτρέπει σε νέους χρήστες να δημιουργήσουν λογαριασμό τον οποίο θα μπορούν να χρησιμοποιούν μελλοντικά. Εκτός από το νέο login και το password ζητούνται και τα στοιχεία που απαιτούνται σε περίπτωση απώλειας κωδικού, όπως το τηλέφωνο του χρήστη, μυστική ερώτηση και η μυστική απάντηση.

4.3.9.5 Σελίδα retrieve.jsp

Σε περίπτωση απώλειας είτε του κωδικού χρήστη είτε του κωδικού πρόσβασης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τους ανακτήσει επαληθεύοντας τα προσωπικά του στοιχεία. Αρχικά ζητείται ο αριθμός τηλεφώνου του χρήστη, τον οποίο θεωρούμε ότι ο χρήστης γνωρίζει πάντα. Στη συνέχεια, εφόσον βρεθεί στο σύστημα το τηλέφωνο του χρήστη, εμφανίζεται η μυστική ερώτηση και ζητείται η μυστική απάντηση. Αν δοθεί σωστά η μυστική απάντηση εμφανίζεται το login του χρήστη, ενώ το password του αρχικοποιείται σε νέο αριθμό. Δεν προβάλλεται το παλαιό password τόσο για λόγους ασφαλείας, όσο και επειδή είναι αποθηκευμένο σε κρυπτογραφημένη μορφή στην βάση δεδομένων.

4.3.9.6 Σελίδα profile.jsp

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενημερώσει το προφίλ του και να αλλάξει τον κωδικό πρόσβασης μέσω της σελίδας profile.jsp. Έτσι θα είναι σε θέση να διατηρεί ενήμερα τον αριθμό τηλεφώνου του, καθώς και να τροποποιεί την μυστική του ερώτηση και απάντηση. Για λόγους ασφαλείας ζητείται ξανά ο παλαιός κωδικός πρόσβασης του χρήστη, ο οποίος μπορεί στην συνέχεια να αλλαχθεί εισάγοντας δύο φορές τον νέο κωδικό πρόσβασης.

4.3.9.7 Σελίδα authorize.jsp

Στην σελίδα authorize.jsp, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εξουσιοδοτήσει νέους χρήστες και να τους επιτρέψει έτσι να τον παρακολουθούν. Προφανώς, ο "κατάσκοπος" θα πρέπει να υπάρχει ήδη στο σύστημα για να είναι δυνατή η εξουσιοδότηση. Επιπλέον, δίδεται η δυνατότητα στον χρήστη να αναιρέσει την εξουσιοδότηση που είχε δώσει σε προγενέστερο χρόνο σε τρίτο χρήστη.

4.3.9.8 Σελίδες location.jsp και viewuser.jsp

Οι δύο σελίδες υλοποιούν τον εντοπισμό παιδιού και την παρακολούθηση στόλου οχημάτων. Στην πρώτη σελίδα location.jsp, εμφανίζεται στο χρήστη η λίστα που περιλαμβάνει όλους του χρήστες που τον έχουν ήδη εξουσιοδοτήσει και του επιτρέπουν να γνωρίζει τη θέση τους. Σε αυτή τη λίστα εμφανίζεται και η καταχώρηση Me, επιτρέποντας έτσι στο χρήστη να παρακολουθήσει το δικό του ιστορικό. Υπάρχει επιπλέον και η επιλογή για το πόση ώρα από το ιστορικό επιθυμεί ο χρήστης να δει, η οποία κυμαίνεται από τις τελευταίες 8 ώρες, μέχρι την προβολή αποκλειστικά της τελευταίας καταχώρησης.

Μόλις ο χρήστης επιλέξει ποιον χρήστη θέλει να παρακολουθήσει επαναλαμβάνεται για λόγους ασφαλείας ο έλεγχος εξουσιοδότησης. Προφανώς κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο εφόσον ο χρήστης επιλέξει να δει το δικό του ιστορικό, οπότε και ο έλεγχος παρακάμπτεται. Αν ο χρήστης βλέπει το ιστορικό τρίτου χρήστη, τότε προβάλλεται μόνο το ορατό τμήμα του ιστορικού, ενώ αν ζητήσει το δικό του προβάλλεται το σύνολο του ιστορικού του χωρίς καμία περικοπή.

5

Έλεγχος

Ο ποιοτικός έλεγχος της διπλωματικής εργασίας είναι ένα απαραίτητο και αναπόσπαστο τμήμα της. Θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για τη ρύθμιση των διαφόρων μεταβλητών του αλγόριθμου εντοπισμού θέσης, καθώς και για την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας τόσο των επιμέρους μερών της, όσο και της επιτυχούς μεταξύ τους διασύνδεσης.

5.1 Μεθοδολογία Ελέγχου

Ο έλεγχος του αλγόριθμου εκτίμησης χρησιμοποιεί την λεγόμενη offline μέθοδο. Αρχικά θα γίνει διαδικασία αντίστοιχη της χαρτογράφησης της περιοχής, καταγράφοντας τη συνδεδεμένη κεραία και τη λαμβανόμενη ισχύ ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε διάφορα σημεία του χώρου. Τα αρχεία καταγραφής δε θα φορτωθούν στην βάση δεδομένων, αλλά θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ποιότητας των αλγορίθμων. Συγκεκριμένα, θα διαβάζεται από το αρχείο ο κωδικός της κυψέλης μαζί με την ισχύ του σήματος και θα ζητείται εκτίμηση της θέσης, την οποία θα συγκρίνουμε με την πραγματική θέση που είχε δοθεί από την συσκευή GPS. Θα επιχειρήσουμε τη ρύθμιση όλων των παραμέτρων ώστε να ελαχιστοποιηθεί το μέσο σφάλμα. Για προφανείς λόγους δε θα γίνει καταγραφή μόνο μιας περιοχής άλλα θα ασχοληθούμε με διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας (modes), στην προσπάθειά μας να διατηρήσουμε όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά τα δείγματα. Οι τρόποι λειτουργίας που επιλέχθηκαν είναι οι ακόλουθοι:

- Λειτουργία σε αυτοκινητόδρομο
- Λειτουργία σε πόλη

Για τον αυτοκινητόδρομο επιλέχθηκε η Αττική Οδός, ένας δρόμος που εξυπηρετεί καθημερινώς χιλιάδες οχήματα, ενώ ως πόλη επιλέχθηκε η πόλη της Ελευσίνας. Η Ελευσίνα γενικά θεωρείται πόλη μεσαίας πυκνότητας κατοίκησης, αλλά έχει τόσο περιοχές υψηλής πυκνότητας, όσο και περιοχές αραιής πυκνότητας, κάνοντάς την ιδανικό σημείο αναφοράς.

5.2 Αναλυτική παρουσίαση έλεγχου

Ακολουθεί αναλυτικά η διαδικασία ελέγχου του συστήματος

5.2.1 Χαρτογράφηση

Η χαρτογράφηση της Αττικής Οδού έγινε σε διάφορες ημέρες και ώρες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι λήφθηκαν μετρήσεις στις 09.00, στις 14.00, και στις 17.00. Η χαρτογράφηση της Ελευσίνας έγινε ημέρα Παρασκευή στις 15.00, αρχικά χωρίς και στην συνέχεια με αυτοκίνητο. Όπως φαίνεται από τα ανωτέρω, η ίδια περιοχή σαρώθηκε παραπάνω από μία φορά. Το κινητό κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης ήταν σε τυπική θέση κινητού τηλεφώνου: είτε στην τσέπη είτε μπροστά από τον λεβιέ των ταχυτήτων σε αυτοκίνητο. Η δειγματοληψία γινόταν 20 φορές ανά λεπτό ή μία μέτρηση ανά 3 δευτερόλεπτα.

5.2.2 Έλεγχος και ρύθμιση αλγόριθμου εκτίμησης θέσεως

Για τον έλεγχο και τη ρύθμιση του αλγόριθμου εκτίμησης θέσεως εκτελέστηκε ένας αριθμός πειραμάτων με βάση τις διαδρομές ελέγχου που είχαν χαρτογραφηθεί εκ των προτέρων. Κάθε φορά ήταν υπό εξέταση μία διαφορετική παράμετρος του αλγορίθμου. Ακολουθεί ανάλυση της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά.

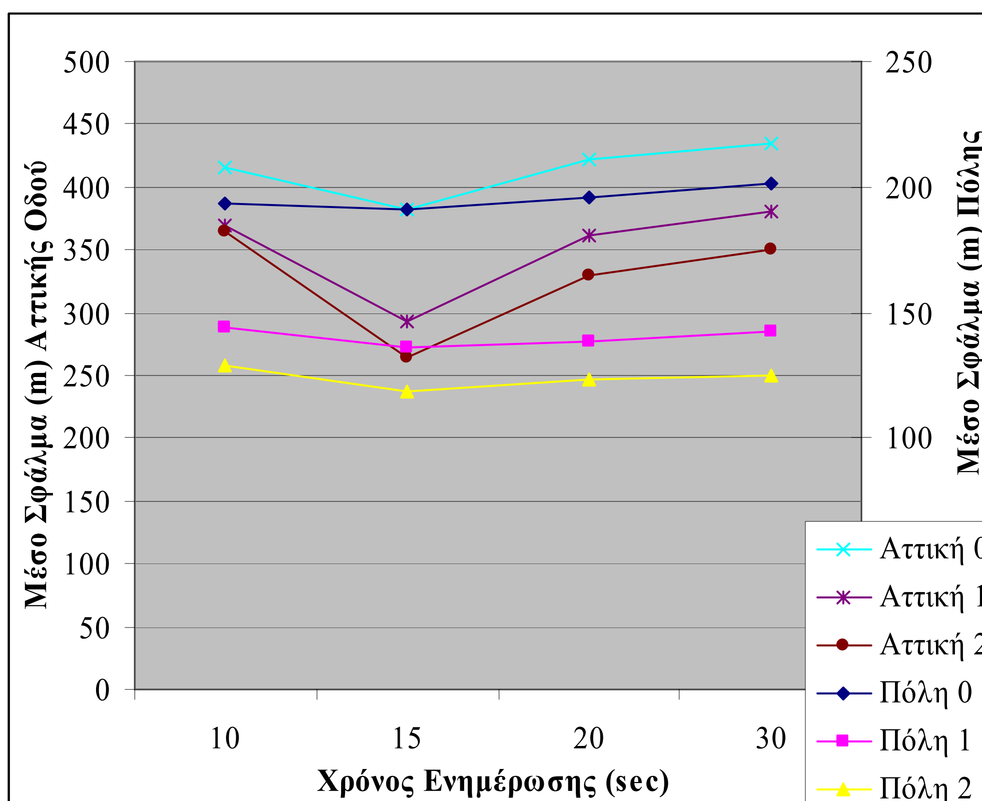
5.2.2.1 Χρόνος Ενημέρωσης

Υπό εξέταση είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ 2 διαφορετικών ενημερώσεων του κινητού, συνεπώς κάθε πότε δειγματοληπτεί το κινητό το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας και ενημερώνει τον απομακρυσμένο διακομιστή. Για την υλοποίηση των διαφορετικών ρυθμών, δειγματοληπτούσαμε αρχικά ανά 3 δευτερόλεπτα και κατά την προσομοίωση

παρακάμπταμε έναν αριθμό γραμμών ανά μία γραμμή που διαβάζαμε, επιτυγχάνοντας έτσι το ρυθμό δειγματοληψίας που επιθυμούμε.

Πίνακας του μέσου σφάλματος ως προς τον χρόνο ενημέρωσης

	Χρόνος Ενημέρωσης (sec)			
Είδος	**10**	**15**	**20**	**30**
Πόλη 0	193,5	**190,9**	195,9	201,5
Πόλη 1	144,5	**135,8**	138,9	142,8
Πόλη 2	129,1	**118,7**	123,4	125,2
Αττική 0	415,1	**382,3**	421,5	434,8
Αττική 1	369,5	**293,4**	361,3	380,5
Αττική 2	365,2	**264,5**	329,4	350,3



Γραφική Παράσταση που δείχνει πως επηρεάζει ο ρυθμός ενημέρωσης το μέσο σφάλμα

Παρατηρούμε ότι ο καλύτερος χρόνος ενημέρωσης είναι τα 15 sec, συνεπώς οι αλγόριθμοι αποδίδουν βέλτιστα όταν το κινητό ανανεώνει τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης και τη λαμβανόμενη ισχύ 4 φορές ανά λεπτό. Αυτό γίνεται γιατί πολύ συχνή ενημέρωση αυξάνει τα σωρευτικά σφάλματα, ενώ υπερβολικά αραιή ενημέρωση αποσυσχετίζει το ιστορικό κίνησης. Παρατηρούμε και μικρές διαφορές ακόμα και στο επίπεδο 0, το οποίο δεν εκμεταλλεύεται

καμία απολύτως πληροφορία του ιστορικού, οι οποίες προφανώς οφείλονται σε τυχαία σφάλματα, τα οποία είτε αποκόπτονται κατά τη υποδειγματοληψία, είτε παραμένουν και συνυπολογίζονται στον μέσο όρο. Τέλος, με τον ίδιο τρόπο προκύπτει ότι μετά από 5 λεπτά η απόπειρα εκμετάλλευσης του ιστορικού οδηγεί σε χειροτέρευση των αποτελεσμάτων, έτσι θεωρούμε τα 5 λεπτά ως το μέγιστο χρόνο πριν θεωρηθεί παρωχημένο το ιστορικό που διαθέτουμε.

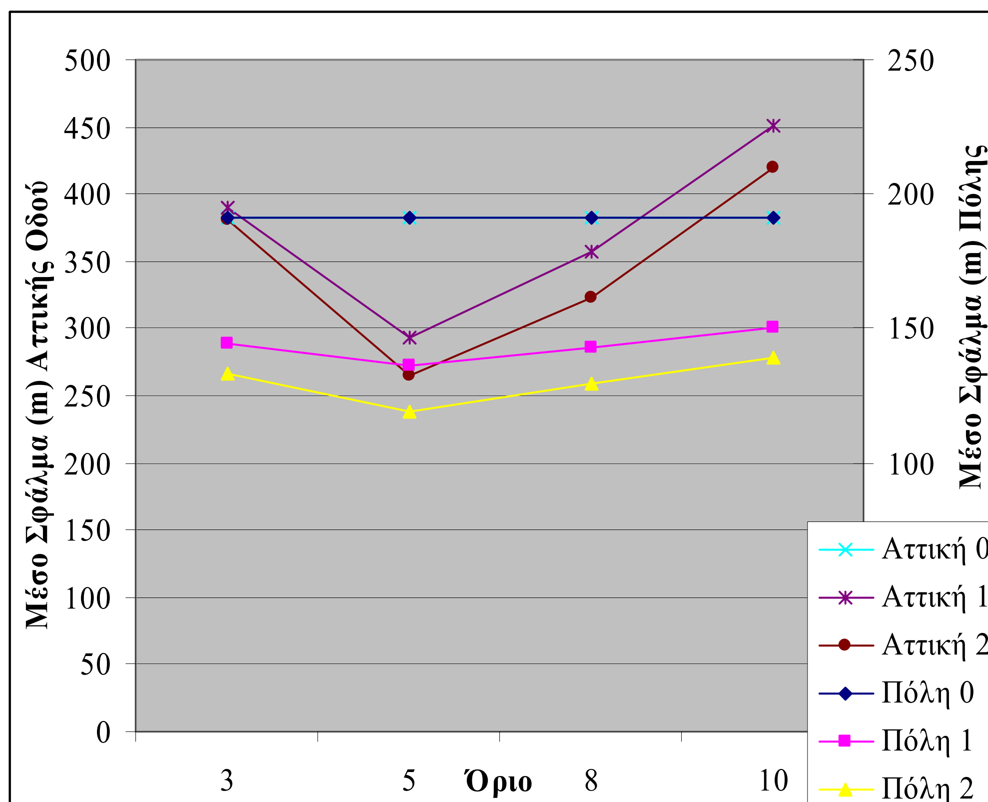
5.2.2.2 Κατώφλι Σύνοψης

Αναζητούμε το βέλτιστο κατώφλι σύνοψης, το κατώφλι που ενεργοποιείται στο επίπεδο 1 και στο επίπεδο 2, όταν αναζητούμε τα πλησιέστερα σημείο σε ένα σημείο. Ο όρος πλησιέστερα, όπως προαναφέρθηκε, συνδέεται με την απόσταση μεγίστου κύκλου από το επιθυμητό σημείο. Το κατώφλι αποφασίζει πόσα από τα πλησιέστερα σημεία θα λάβουμε υπ’ όψιν. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των διαδοχικών εκτελέσεων. Η έντονη στήλη, η οποία παραμένει σταθερή στα διάφορα πειράματα, είναι η στήλη που παρουσιάζει τα ελάχιστα αποτελέσματα.

Πίνακας του μέσου σφάλματος ως προς το κατώφλι σύνοψης

Κατώφλι Σύνοψης				
Είδος	**3**	**5**	**8**	**10**
Πόλη 0	190,9	**190,9**	190,9	190,9
Πόλη 1	144,0	**135,8**	142,5	150,3
Πόλη 2	132,9	**118,7**	129,6	139,4
Αττική 0	382,3	**382,3**	382,3	382,3
Αττική 1	390,3	**293,4**	357,4	450,3
Αττική 2	381,2	**264,5**	323,4	419,4

Προφανώς το επίπεδο 0 το αλγορίθμου δεν επηρεάζεται από το κατώφλι σύνοψης αφού δεν αξιοποιεί καθόλου το ιστορικό του χρήστη. Επιπροσθέτως διατηρούμε τον ρυθμό δειγματοληψίας σταθερό και ως αποτέλεσμα σε κάθε εκτέλεση προκύπτουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα για το επίπεδο 0.



Γραφική Παράσταση που δείχνει πως επηρεάζεται το μέσο σφάλμα από το όριο σύνοψης

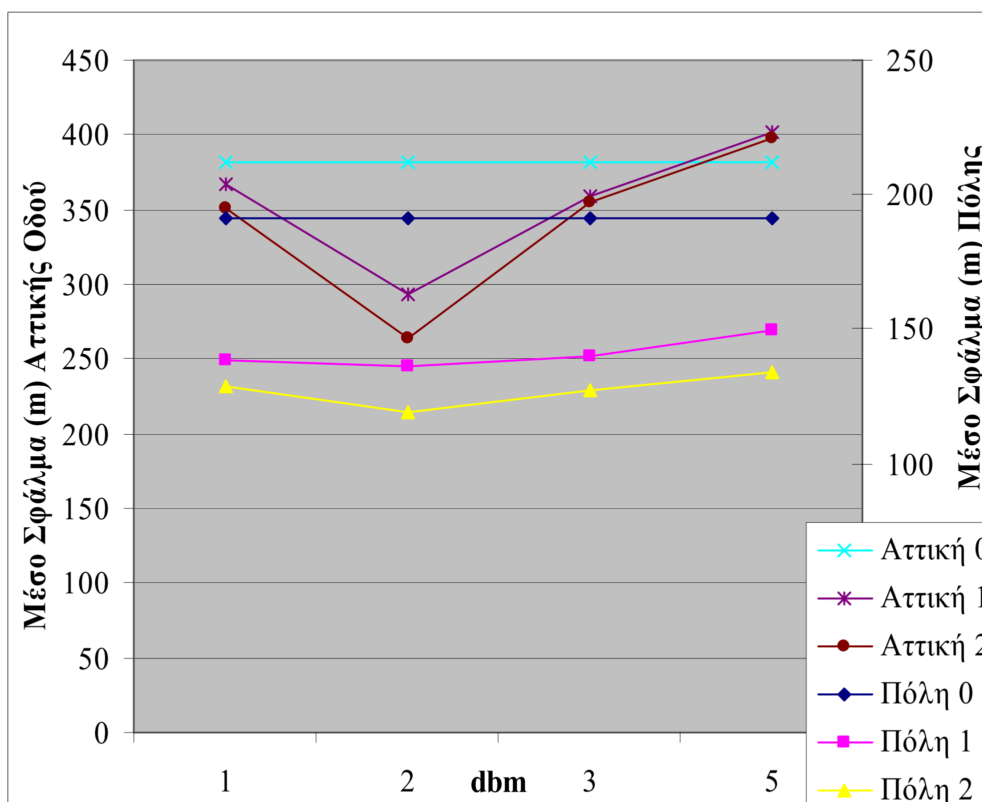
5.2.2.3 Κατώφλι Ισχύος

Στο επίπεδο 1 και στο επίπεδο 2 του αλγορίθμου αναζητούμε τα πλησιέστερα σημεία με ισχύ σχετικά κοντά στη δοσμένη. Στην προηγούμενη ενότητα αναζητήσαμε το βέλτιστο κατώφλι σύνοψης, ενώ τώρα αναζητούμε το βέλτιστο κατώφλι ισχύος, δηλαδή πόση πρέπει να είναι το πολύ η διαφορά ισχύος μεταξύ της τρέχουσας και αυτής που υπήρχε καταγεγραμμένη στον χάρτη κάλυψης για να θεωρήσουμε ότι έχουν όμοια ισχύ τα σημεία.

Πίνακας του μέσου σφάλματος ως προς το κατώφλι ισχύος

Κατώφλι Ισχύος (dBm)				
Είδος	**1**	**2**	**3**	**5**
Πόλη 0	190,9	**190,9**	190,9	190,9
Πόλη 1	138,4	**135,8**	139,9	149,3
Πόλη 2	128,4	**118,7**	127,5	134,2
Αττική 0	382,3	**382,3**	382,3	382,3
Αττική 1	367,4	**293,4**	359,5	401,3
Αττική 2	350,4	**264,5**	355,1	398,4

Προφανώς το επίπεδο 0 το αλγορίθμου δεν επηρεάζεται από το κατώφλι ισχύος αφού δεν εκμεταλλεύεται την πληροφορία του ιστορικού των κινήσεων του χρήστη και διατηρούμε το ρυθμό δειγματοληψίας σταθερό.



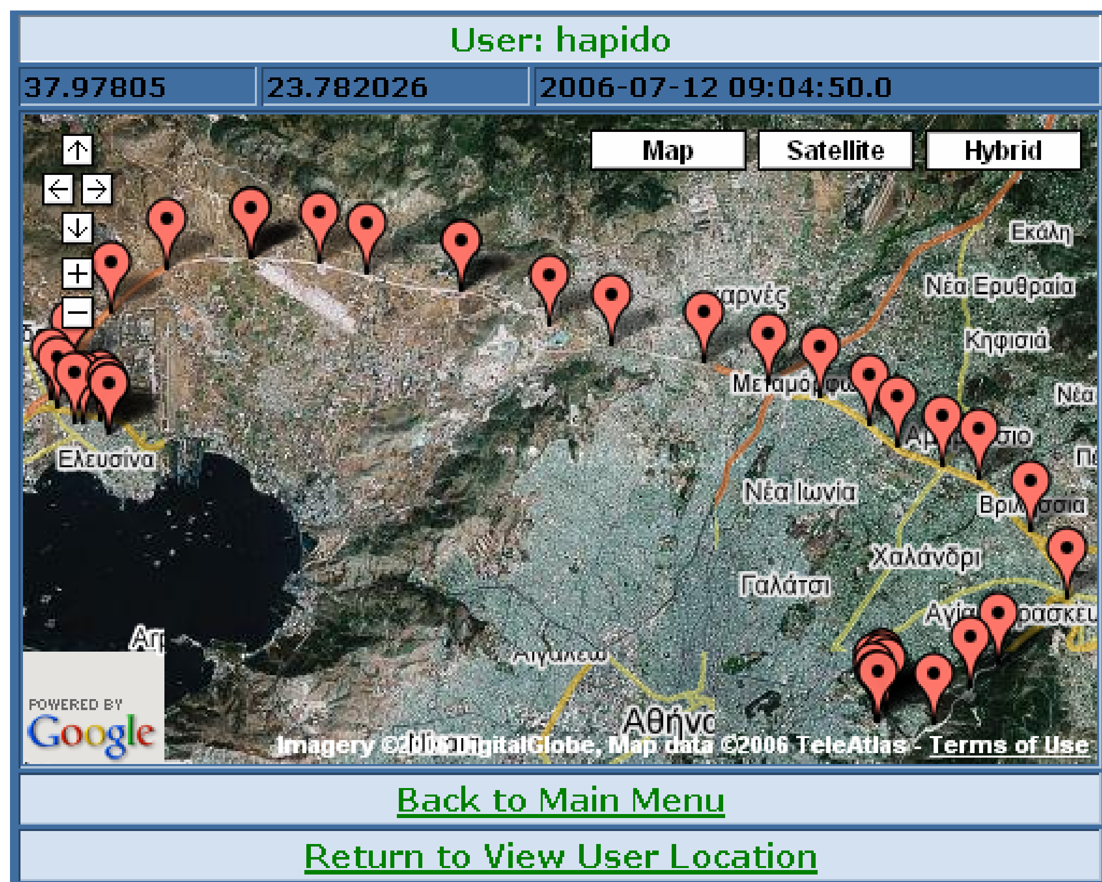
Γραφική Παράσταση που δείχνει πως επηρεάζεται το μέσο σφάλμα από το όριο ισχύος

5.2.3 Έλεγχος διασύνδεσης των επιμέρους μερών

Για τον έλεγχο της διασύνδεσης των επιμέρους μερών μεταξύ τους, έγιναν πειράματα, τα οποία αναγκάζουν όλα τα υποσυστήματα να συνεργαστούν μεταξύ τους για την εξαγωγή του αποτελέσματος.

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια μίας διαδρομής Ελευσίνα – Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου ζητήθηκε από το κινητό τηλέφωνο η σύνδεση με τον απομακρυσμένο εξυπηρετητή, ο οποίος ήταν ενεργός σε τοποθεσία της Ελευσίνας και ανέμενε την σύνδεση από το κινητό τηλέφωνο. Όταν εγκαταστάθηκε η σύνδεση, με κωδικό χρήστη ‘hapido’, ξεκίνησε και η καταγραφή των κινήσεων του τηλεφώνου από τον υπολογιστή, η οποία τερματίστηκε με την άφιξη στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η συχνότητα επικοινωνίας ήταν μία φορά ανά 15 sec ή 4 φορές το λεπτό. Στη συνέχεια, μετά το πέρας της καταγραφής, έγινε σύνδεση στον

εξυπηρετητή στην Ελευσίνα από ενός browser που έτρεχε σε έναν φορητό υπολογιστή και έγινε login από τον χρήστη 'spime' στην σελίδα της εφαρμογής. Τέλος, ζητήθηκε η παρουσίαση του ιστορικού των κινήσεων του χρήστη 'hapido', ο οποίος είχε ήδη εξουσιοδοτήσει τον χρήστη 'spime' να τον παρακολουθεί, και ως απάντηση εμφανίστηκε η ακόλουθη εικόνα από το maps.google.com. Να σημειωθεί ότι οι καταχωρήσεις κάποιου χρήστη στη βάση δεδομένων δεν παρουσιάζονται ως έχει, αλλά δειγματοληπτούνται ανά 1 λεπτό. Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε στις 12 Ιουλίου 2006, στις 08.30 με 09.05 το πρωί.



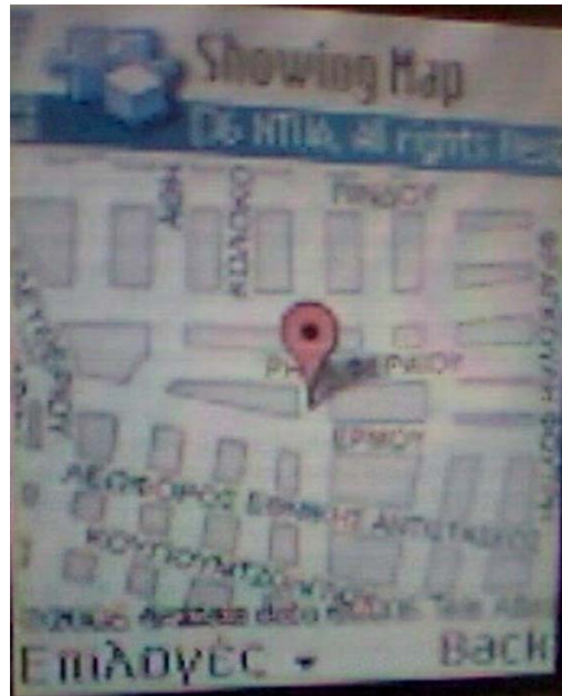
Ιστορικό κίνηση του χρήστη 'hapido', όπως φαίνεται από

τον ήδη εξουσιοδοτημένο χρήστη 'spime'

Από το προηγούμενο προκύπτει ότι η σύνδεση μεταξύ του κινητού τηλεφώνου – DiplomaCellPhone, του εξυπηρετητή για τα τηλέφωνα – DiplomaCellServer, της βάσης δεδομένων – MySQL, καθώς και η σύνδεση μεταξύ ενός browser (Mozilla Firefox), του εξυπηρετητή για τους χρήστες – DiplomaInternetServer, της βάσης MySQL και του maps.google.com είναι απόλυτα επιτυχής. Αν κάποια από τις συνδέσεις ήταν ανεπιτυχής, θα ήταν αδύνατη η προβολή της ανωτέρω εικόνας.

Για να ελεγχθεί και η ορθή επιστροφή της εκτίμησης από το DiplomaCellServer στο DiplomaCellPhone, ζητήθηκε η εμφάνιση χάρτη από το maps.google.com. Στις εικόνες που

ακολουθούν παρατηρούμε πως εμφανίζεται ο χάρτης στο κινητό, καθώς και η δυνατότητα μεγέθυνσης και σμίκρυνσης. Η ποιότητα των εικόνων είναι υποβαθμισμένη κυρίως επειδή η καταγραφή γίνεται μέσω κάμερας πάνω από την οθόνη του κινητού τηλεφώνου.



Στις τρεις προηγούμενες εικόνες παρατηρούμε πως εμφανίζεται ο χάρτης στο κινητό τηλέφωνο, καθώς και η δυνατότητα zoom in and out.

Προφανές είναι ότι η σύνδεση μεταξύ του κινητού, του εξυπηρετητή και του maps.google.com έχει επιτευχθεί σωστά, ειδάλλως η προβολή του χάρτη της περιοχής της Ελευσίνας θα ήταν αδύνατη.

5.2.4 Υλική και Λογισμική Πλατφόρμα Ανάπτυξης

Για λόγους πληρότητας αναφέρουμε το υλικό και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην πορεία της διπλωματικής εργασίας.

5.2.4.1 Υλική Πλατφόρμα Ανάπτυξης

- Υπολογιστής Ανάπτυξης
    - Επεξεργαστής Pentium 4 1700MHz
    - Μνήμη RDRAM 512 MB
    - Σκληρός Δίσκος: IDE 40 GB + IDE 80 GB
    - Σύνδεση Διαδικτύου: ISDN Dialup 64k
- Συσκευή Κινητού Τηλεφώνου
    - Nokia N70
    - Κάρτα Μνήμης 256 MB – Εσωτερική Μνήμη 35 MB

    - Symbian Series 60 2nd Edition Feature Pack 3 (Symbian OS version 8.1a)
    - CLDC 1.1, MIDP 2.0
- NAVSTAR GPS Device EMTAC BTGPS-S3

5.2.4.2 Λογισμική Πλατφόρμα Ανάπτυξης

- NetBeans IDE 5.0
- Tomcat 5.5.9 Bundled with NetBeans
- MySQL 5.0.19
- Windows XP Home Edition Service Pack 2

6

Επίλογος

6.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Εν κατακλείδι μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν επιτυχής. Ο στόχος του εντοπισμού της θέσης ενός κινητού χρήστη επετεύχθη και μάλιστα ικανοποιήσαμε όλους τους περιορισμούς που είχαμε θέσει στο εισαγωγικό κεφάλαιο:

1. Δεν είναι απαραίτητη η **αγορά επιπλέον συσκευής** GPS. Οποιοδήποτε κινητό τηλέφωνο το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση εφαρμογών J2ME και παρέχει μια προγραμματιστική διεπαφή για την άντληση της κυψέλης και της ισχύος εκπομπής, είναι δυνητικός χρήστης του συστήματος.
2. Δεν είμαστε άμεσα εξαρτημένα από κάποιο **τρίτο μέρος**. Παρά το γεγονός ότι με τη βοήθεια του παρόχου η χαρτογράφηση μπορεί να επιταχυνθεί αρκετά, η συνεργασία του δεν είναι κρισίμως απαραίτητη για τη λειτουργία του συστήματος. Συνεπώς ο πάροχος των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών δεν μπορεί να απαιτήσει υπέρογκα ποσά για την συνεργασία του, ούτε δημιουργεί ρήγμα ασφαλείας στο σύστημά μας.
3. Σεβόμαστε πλήρως την **ιδιωτικότητα** του χρήστη. Είναι αδύνατη η καταγραφή της θέσης του χρήστη, αν ο τελευταίος δε δώσει την ρητή συγκατάθεσή του, η οποία εκδηλώνεται όταν ο χρήστης ενεργοποιεί την αντίστοιχη επιλογή στο κινητό του και δίνει τον κωδικό χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης. Επιπλέον, κανείς τρίτος δεν έχει

πρόσβαση στο ιστορικό της κίνησης κάποιου χρήστη, αν ο τελευταίος δεν έχει δώσει την ρητή συγκατάθεση του, την οποία έχει την δυνατότητα να άρει οποτεδήποτε.

4. Τέλος, η υλοποίηση της διπλωματικής έγινε εξ ολοκλήρου σε λογισμικό. Δεν είναι απαραίτητη η αλλαγή ή αναβάθμιση του υλικού ούτε του παρόχου ούτε του χρήστη. Αντίθετα, ο χρήστης χρειάζεται μόνο να κατεβάσει την εφαρμογή από το διαδίκτυο και να την εγκαταστήσει στο κινητό του τηλέφωνο. Συνεπώς είναι θεμιτό να ισχυριστούμε ότι η εφαρμογή που αναπτύχθηκε έχει **λογικό κόστος**.

Το παρακάτω κείμενο είναι ξεγάρφωτο!!

Επίπεδο Εκτίμησης	**Μέσο σφάλμα (m)**	
	Αυτοκινητόδρομος	**Αστικό Περιβάλλον**
Επίπεδο 0	400	190
Επίπεδο 1	300	135
Επίπεδο 2	265	120

Αποτελέσματα του Αλγορίθμου

Κατέστη δυνατό να εντοπίσουμε έναν χρήστη με σφάλμα μεγαλύτερο μόνο κατά μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερο σε σχέση με τα 15 m του GPS, όταν το τελευταίο λειτουργεί σε μέγιστη ακρίβεια. Εξάλλου το σφάλμα είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το GPS, όταν η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ενεργοποιήσει την επιλεκτική διαθεσιμότητα και μειώσει την ακρίβεια του GPS στα 100 m.

Αποτέλεσμα του προηγούμενου είναι ότι το παρατηρούμενο σφάλμα είναι ικανοποιητικό για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Εφαρμογές LBS με μικρές απαιτήσεις σε ακρίβεια, όπως για παράδειγμα ο εντοπισμός του πλησιέστερου πρατηρίου βενζίνης ή του πλησιέστερου νοσοκομείου. Ωστόσο, η παρεχόμενη ακρίβεια ενδεχομένως να μην είναι αρκετή για εφαρμογές καθοδήγησης (navigation).
- Εφαρμογές LBS για μεγάλο όγκο χρηστών, για τους οποίους το κόστος αγοράς των απαραίτητων συσκευών GPS είναι υπέρογκο και απαγορευτικό.
- Εφαρμογές LBS όπου η χρήση συσκευών GPS προκαλεί δυσχέρεια στους χρήστες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο εντοπισμός παιδιού ή γενικότερα κάποιου πεζού, αφού η συσκευή GPS θα πρέπει να μεταφέρεται από το παιδί, με το τελευταίο να φροντίζει για τη διατήρηση ανεμπόδιστης οπτικής επαφής της συσκευής με τους δορυφόρους του GPS, κάτι που θα γίνει πολύ δύσκολα, αν όχι καθόλου, αποδεκτό.

6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Με αυτήν την διπλωματική εργασία επιχειρήθηκε μια προσέγγιση στο επίκαιρο θέμα του εντοπισμού της θέσης ενός κινητού χρήστη για εφαρμογές βασιζόμενες στην θέση. Με το πέρας της διπλωματικής το κεφάλαιο του προσδιορισμού θέσης σαφέστατα δεν έκλεισε, αντίθετα υπάρχει μια πληθώρα θεμάτων τα οποία μπορούν ερευνηθούν εκτενέστερα σε μεταγενέστερο χρόνο.

Αναφέρουμε ενδεικτικά τα σημαντικότερα από τα ζητήματα τα οποία πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω:

Το βασικότερο, ίσως, κεφάλαιο μελέτης είναι το θέμα του χάρτη κάλυψης. Προς το παρόν, λόγω του μεγέθους του, είναι αδύνατο για μια φορητή συσκευή να τον αποθηκεύσει εξ ολοκλήρου, δημιουργώντας έτσι την ανάγκη για συνεχή ροή πληροφοριών μεταξύ του κινητού τηλεφώνου και του απομακρυσμένου διακομιστή. Μελετώντας αλγόριθμους συμπίεσης, όπως οι μετασχηματισμοί Wavelet, είναι πιθανόν να επιτύχουμε συμπίεση των δεδομένων του χάρτη κάλυψης σε τέτοιο βαθμό που να μπορεί να τον αποθηκεύσει και διαχειριστεί η φορητή συσκευή. Συνεπώς το κινητό θα μπορεί να δουλεύει αυτόνομα, χωρίς να χρειάζεται καθόλου επικοινωνία με τον εξυπηρετητή, παρά μόνο για να παρέχεται η δυνατότητα σε τρίτους χρήστες να παρακολουθούν το ιστορικό κίνησης του χρήστη. Και πάλι, στην τελευταία περίπτωση, η επικοινωνία θα μπορεί να γίνεται πολύ αραιότερα σε σχέση με το τρέχον mode λειτουργίας, όπου απαιτείται διαρκής σύνδεση, συμπιέζοντας περαιτέρω το κόστος λειτουργίας του συστήματος.

Ένα άλλο ζήτημα που χρήζει μελλοντικής έρευνας είναι η επέκταση του χάρτη κάλυψης. Επεκτείνοντας τον χάρτη κάλυψης, θα αυξάναμε και το ποσοστό πληθυσμιακής κάλυψης, παρέχοντας έτσι καλύτερης ποιότητας και πιο αξιόπιστη υπηρεσία σε ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού.

Για ακόμα ποιοτικότερο χάρτη κάλυψης θα πρέπει να μελετηθεί το ενδεχόμενο συνεργασίας με τους παρόχους των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Οι πάροχοι έχουν την δυνατότητα να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή την θέση κάθε κεραίας στον χώρο καθώς και την ισχύ που αυτές εκπέμπουν, την οποία έχουν την δυνατότητα να μεταβάλλουν δυναμικά. Επιπλέον οι εργαζόμενοι στις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας πραγματοποιούν συνεχώς μετρήσεις της ισχύος του δικτύου, ώστε να βελτιώνουν την παρεχόμενη ποιότητα προς τους πελάτες τους. Συνεπώς οι πάροχοι θα μπορούν να παρέχουν δεδομένα κάλυψης ανώτερης ποιότητας και μεγαλύτερης πληρότητας από αυτά που συγκεντρώνουμε με απλή χαρτογράφηση της περιοχής.

Εξάλλου, ο χάρτης κάλυψης μπορεί να βελτιωθεί όχι μόνο μέσω της συνεργασίας με τους παρόχους, αλλά και μέσω ενεργών χρηστών. Οι ενεργοί χρήστες είναι χρήστες οι οποίοι

διαθέτουν μονίμως μία συσκευή GPS και θα μπορούν να ενημερώνουν το σύστημα με τις μετρήσεις τους σε πραγματικό χρόνο.

Αξίζει να μελετηθεί πιθανή χρονική συσχέτιση των μετρήσεων. Οι πάροχοι ενδέχεται να τροποποιούν την ισχύ που εκπέμπουν οι κεραίες τους, για να προσαρμοστούν στην αλλαγή της ζήτησης κατά την διάρκεια της ημέρας. Έπεται ότι θα πρέπει να κατατάξουμε τις μετρήσεις σε χρονικές ζώνες, και να λαμβάνουμε υπ' όψιν τις μετρήσεις της αντίστοιχης χρονικής ζώνης με μεγαλύτερη βαρύτητα απ' ότι τις μετρήσεις των υπόλοιπων χρονικών ζωνών.

Όμοιος έλεγχος μπορεί να γίνει και για την ταχύτητα κίνησης κατά την χαρτογράφηση και την ανάκληση των δεδομένων. Πιθανώς η ποιότητα της εκτίμησης να είναι ανώτερη εφόσον ο χρήστης ενημερώσει το σύστημα εκ των προτέρων για τη μέση ταχύτητα κίνησής του. Γνωρίζοντας αν ο χρήστης είναι πεζός, κινείται με αυτοκίνητο σε πόλη ή κινείται με αυτοκίνητο σε κύριο οδικό άξονα ενδέχεται να μπορούμε να παρέχουμε καλύτερη εκτίμηση αντλώντας μόνο τα δεδομένα που χαρτογραφήθηκαν με την ίδια ταχύτητα ή δίνοντάς τους μεγαλύτερη βαρύτητα σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Ανάλυση αξίζει και το κεφάλαιο της αξιοπιστίας της εκτίμησης. Η εσωτερική βαθμολόγηση της εκτίμησης δεν είναι ακριβές μέτρο του μέσου σφάλματος που θα παρουσιάζει η εκτίμηση. Με μεγαλύτερο δείγμα θα μπορούν να εξαχθούν πειραματικοί τύποι που να επιστρέφουν όχι μόνο την εκτίμηση της θέσης στον χρήστη, αλλά και το μέσο πιθανό σφάλμα σε μέτρα. Έτσι ο χρήστης θα μπορεί να ενημερώνεται άμεσα για την ποιότητα της εκτίμησης που λαμβάνει, και θα γνωρίζει αν μπορεί να την εμπιστευτεί.

Εκτός από τα προηγούμενα θέματα έρευνας, μπορεί να μελετηθεί η δυνατότητα για βελτίωση των πρωτογενών δεδομένων. Ως τώρα είναι δυνατή η λήψη μόνο της κύριας κυψέλης και της ισχύος της από το κινητό τηλέφωνο, κάτι που αποτελεί προφανώς ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του αλγορίθμου, καθώς είναι η κύρια πηγή σφαλμάτων. Μελλοντικά είναι πιθανό να είναι δυνατή η ταυτόχρονη λήψη όλων των γειτονικών κυψελών, κάτι που θα βελτίωνε δραστικά την ποιότητα της εκτίμησης. Προφανώς οι αλγόριθμοι θα πρέπει να προσαρμοστούν αντίστοιχα, ώστε να υποστηρίζουν και να αξιοποιούν την επιπρόσθετη πληροφορία.

Επιπλέον ίσως είναι επιθυμητή η προσαρμογή των μετρήσεων. Με βάση το τρέχον σύστημα, ο χάρτης κάλυψης αποθηκεύεται ως έχει στην βάση δεδομένων (dump). Μία βελτίωση θα είναι η προσαρμογή των μετρήσεων με βάση τους θεωρητικούς τύπους κάλυψης, ώστε να αντισταθμιστούν τυχόν τυχαία σφάλματα που παρουσιάζονται κατά την φάση της καταγραφής.

Τέλος, σημαντικό θέμα που θα πρέπει να εξεταστεί είναι η αντίδραση του συστήματος σε απότομη κλιμάκωσή του. Ως τώρα το σύστημα δεν έχει δοκιμαστεί σε τεράστια περιοχή

κάλυψης, ούτε με χιλιάδες χρήστες ταυτόχρονα συνδεδεμένους σε αυτό. Αν και έχουν δημιουργηθεί όλα τα απαραίτητα κλειδιά και ευρετήρια στην βάση δεδομένων MySQL για την βελτιστοποίηση της αναζήτησης, η απόκριση του συστήματος είναι ακόμα ένα ανοιχτό θέμα.

7

Βιβλιογραφία

[Lam05] P. F. Lammertsma. Satellite Navigation.

[UCB03] University of California Berkeley. Earth Sciences & Map Library. http://www.lib.berkeley.edu/EART/.

[Cha04] Goh Pong Chai. Alternative Positioning Method using GSM Signals. Journal of Global Positioning Systems (2004)Vol. 3, No. 1-2: 101-105

[LKL+05] Gary Look, Buddhika Kottahachchi, Robert Laddaga, and Howard Shrobe. A Location Representation for Generating Descriptive

Walking Directions. IUI'05, January 9–12, 2005, San Diego, California, USA. Copyright 2005 ACM 1581138946/05/0001

[JAV06] http://www.java.sun.com. Sun's Java official Site

[SYM06] http://www.symbian.com. Symbian OS official Site

[NOK06] http://www.nokia.com

[OVL+05] Veljo Otsason, Alex Varshavsky, Anthony LaMarca, and Eyal de Lara.

Accurate GSM Indoor Localization. M. Beigl et al. (Eds.): UbiComp 2005, LNCS 3660, pp. 141–158, 2005.